

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016

Dibuat oleh :
CITRA MEYDIA
12.21.061



PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR
UDARA MUTIARA SIS AL-JU'RI PALU

SKRIPSI

SKRIPSI

PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR
UDARA MUTIARA SIS AL-JU'RI PALU



Disusun oleh :

CITRA MEYDILA

12.21.061

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

SKRIPSI

PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR UDARA MUTIARA SIS AL-JUFRI PALU



Disusun oleh :

**CITRA MEYDILA
12.21.061**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
M A L A N G
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR UDARA MUTTARA
SIS AL-JUFRI PALU

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

CITRA MEYDILA

12.21.061

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dr.Ir. Nusa Sebayang, MT.

Dosen Pembimbing II

Drs. Kamidjo Rahardjo,MT.

Malang, Agustus 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang



Ir. A. Agus Santosa, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR UDARA MUTIARA
SIS AL-JUFRI PALU

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Jumat

Tanggal: 12 Agustus 2016

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh :
CITRA MEYDILA
12.21.061
Disahkan Oleh :

Ketua

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Penguji I

Ir. Agus Prajitno, MT.

Anggota Penguji

Ir. Munasih, MT

Dosen Penguji II

Sekretaris

Ir. Togi H. Nainggolan, MS.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Citra Meydila

Nim : 1221061

Jurusan : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul :

“PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR UDARA
MUTIARA SIS AL-JUFRİ PALU”

Adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan duplikat dan tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.
Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil duplikat atau mengambil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan


Citra Meydila
METERAI TEMPEL
4B18CADF822526474
6000
ENAM RIBU RUPIAH
TGL. 20

ABSTRAK

Citra Meydila, 2016. *Perencanaan Pengembangan Apron Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu*, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT. & Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT.

Kata Kunci : Apron, Bandar Udara, FAA, Geometrik, Rencana Anggaran Biaya.

Transportasi merupakan salah satu faktor penting dalam penunjang kemajuan ekonomi suatu daerah. Semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi masyarakat suatu daerah, maka kebutuhan akan sarana transportasi semakin tinggi. Bandar udara merupakan salah satu prasarana sektor transportasi udara masyarakat. Tingkat mobilisasi masyarakat Kota Palu yang menggunakan transportasi udara dari tahun ke tahun semakin mengalami peningkatan sehingga membutuhkan pengembangan pada Bandar udara Kota Palu yaitu, bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri. Tujuan mengangkat judul ini adalah untuk mendapatkan hasil perancangan apron Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu untuk memenuhi kebutuhan sampai tahun 2045.

Data yang didapat dan digunakan dalam perancangan ini adalah data sekunder seperti data penumpang dan pergerakan pesawat dari mulai tahun 2006 hingga 2015 yang diperoleh dari Unit Pelaksana Teknis Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu. Metode perancangan yang digunakan adalah metode FAA (*Federal Aviation Administration*) untuk evaluasi perkerasan dan perhitungan geometrik. Sedangkan untuk perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan data dari Analisa Harga Satuan Pekerja Kota Palu tahun 2015.

Hasil perhitungan didapatkan prediksi jumlah penumpang pada tahun 2025 sebanyak 1,892,558 penumpang/tahun, pada tahun 2035 diprediksi jumlah penumpang sebanyak 2,713,848 penumpang/tahun sedangkan pada tahun 2045 sebanyak 3,535,138 penumpang/tahun. Prediksi perluasan sampai tahun 2045 dibutuhkan apron seluas 22230 m², dan tebal lapis perkerasan yang dihasilkan yaitu subbase coarse = 13 cm dan surface coarse/slab beton = 47 cm. Prediksi biaya untuk melakukan pengembangan apron adalah sejumlah Rp 3,800,888,532.09 dengan rincian pekerjaan persiapan sebesar Rp 25,725,706.98 dan pekerjaan jalan sebesar Rp 3,429,627,504

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBAR ix

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Identifikasi Masalah 3

1.3 Rumusan Masalah 3

1.4 Ruang Lingkup 4

1.5 Tujuan dan Manfaat 4

1.6 Studi Terdahulu 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Pengertian Umum Bandara 8

2.2 Konfigurasi Bandar Udara 9

2.2.1 Landasan Pacu (*Runway*) 9

2.2.2 Apron 15

2.3 Karakteristik Pesawat Rencana 29

2.4 Desain Perkerasan Bandar Udara.....	31
2.4.1 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Metode FAA	32
2.5 Perancangan Geometrik Apron	35
2.6 Rencana Anggaran Biaya	36
2.6.1 Fungsi Rencana Anggaran Biaya	37
2.6.2 Data Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	37
2.6.3 Langkah Menghitung Rencana Anggaran Biaya.....	38

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Metodologi.....	40
3.2 Lokasi Studi	40
3.3 Klasifikasi Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu (Tahun 2015).....	43
3.4 Karakteristik Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al- Jufri Palu	44
3.5 Diagram Alir	46
3.6 Metodolgi	48

BAB 1V ANALISA JUMLAH PENUMPANG DAN PERGERAKAN PESAWAT

4.1 Perhitungan Lalu Lintas Pesawat.....	52
4.2 Perhitungan Prediksi Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat.....	54
4.3 Prediksi Pesawat dan Penumpang	60
4.4 <i>Forecast Annual Departure</i> Pesawat	65
4.5 Perhitungan Jam Puncak Rencana	67
4.6 Penentuan Masa Operasional Pesawat.....	74

BAB V PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN PADA APRON

5.1 Penentuan Pesawat Rencana	79
5.2 Perencanaan Geometrik Apron	80
5.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) dengan Metode FAA.....	87
5.4 Perencanaan Tebal Perkerasan.....	89
5.5 Perhitungan Tulangan	107
5.6 Perencanaan Pemarkaan.....	109

BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1 Harga Satuan Dasar Upah Bahan dan Peralatan	112
6.2 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	114
6.3 Perhitungan Volume Pekerjaan.....	114
6.4 Perhitungan Koefisien Analisa	117
6.5 Estimasi Rekapitulasi Biaya	136

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan	129
7.2 Saran	129

DAFTAR PUSTAKA	138
-----------------------------	------------

LAMPIRAN I

LAMPIRAN II

LAMPIRAN III

LAMPIRAN IV

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Minimum Clearance Distance antara Aircraft Requirements	35
Tabel 2.2 Minimum Separation Distance antara Aircraft Parking Position Taxiline dan object	36
Tabel 4.1 Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat antara Tahun 2006 - 2015	52
Tabel 4.2 Perhitungan Analisis Regresi untuk Jumlah Penumpang	56
Tabel 4.3 Perhitungan Analisis Regresi untuk Jumlah Pergerakan Pesawat	56
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk Jumlah Penumpang	58
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk Jumlah Pergerakan Pesawat... ..	58
Tabel 4.6 Jumlah Penumpang pada 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang	59
Tabel 4.7 Jumlah Pergerakan Pesawat pada 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang.....	59
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Tahun 2025	61
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Tahun 2035	62
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Tahun 2045	62
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang Tahun 2025	64
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang Tahun 2035	64
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang Tahun 2045	65
Tabel 4.14 Persentase Total Tahunan Masing-masing Jenis Pesawat.....	65
Tabel 4.15 Forecast Annual Departure Masing-masing Jenis Pesawat Tahun 2025	66
Tabel 4.16 Forecast Annual Departure Masing-masing Jenis Pesawat Tahun 2035	67
Tabel 4.17 Forecast Annual Departure Masing-masing Jenis Pesawat Tahun 2045	67

Tabel 4.18 Besarnya Jumlah Penumpang Terbanyak Setiap Tahun	68
Tabel 4.19 Besarnya Jumlah Pergerakan Pesawat Terbanyak Setiap Tahun	68
Tabel 4.20 Besarnya Persentase Jumlah Penumpang per Bulan Terhadap Jumlah Total Per Tahun.....	69
Tabel 4.21 Besarnya Persentase Jumlah Pergerakan Pesawat Per Bulan terhadap Jumlah Total Per Tahun	71
Tabel 4.22 Umur Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu	75
Tabel 4.23 Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu Tahun 2025	75
Tabel 4.24 Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu Tahun 2035	76
Tabel 4.25 Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu Tahun 2045	76
Tabel 4.26 Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al- Jufri Palu Tahun 2025	77
Tabel 4.27 Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al- Jufri Palu Tahun 2035	78
Tabel 4.28 Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al- Jufri Palu Tahun 2045	78
Tabel 5.1 Tabel Karakteristik dan Spesifikasi Pesawat	80
Tabel 5.2 Klasifikasi Pesawat ICAO	81

Tabel 5.3 Kelompok Pesawat yang Beroperasi pada Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu	81
Tabel 5.4 Jarak antara Hidung Pesawat dengan Gedung Terminal.....	85
Tabel 5.5 Dimensi Pesawat Terbesar Masing-masing Kelompok	85
Tabel 5.6 Perhitungan ESWL Jangka Pendek 10 Tahun (2025)	88
Tabel 5.7 Perhitungan ESWL Jangka Pendek 20 Tahun (2035)	88
Tabel 5.8 Perhitungan ESWL Jangka Pendek 30 Tahun (2045)	89
Tabel 5.9 Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang dibutuhkan Untuk Masing-masing Jenis Pesawat	90
Tabel 5.10 Perhitungan W_2 Pesawat yang Dilayani	92
Tabel 5.11 Konversi Tipe Roda Pesawat	92
Tabel 5.12 Perhitungan R_2 Hasil Konversi Roda Pendaratan Pesawat	93
Tabel 5.13 Perhitungan Equivalent Annual Departure dari Pesawat Rencana	93
Tabel 5.14 Jarak Construction Joint Longitudinal dan Transversal	98
Tabel 5.15 Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang dibutuhkan Untuk Masing-masing Jenis Pesawat	98
Tabel 5.16 Perhitungan W_2 Pesawat yang Dilayani	99
Tabel 5.17 Perhitungan R_2 Hasil Konversi Roda Pendaratan Pesawat	99
Tabel 5.18 Perhitungan Equivalent Annual Departure dari Pesawat Rencana	100
Tabel 5.19 Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang dibutuhkan Untuk Masing-masing Jenis Pesawat	103
Tabel 5.20 Perhitungan W_2 Pesawat yang Dilayani	104
Tabel 5.21 Perhitungan R_2 Hasil Konversi Roda Pendaratan Pesawat	104
Tabel 5.22 Perhitungan Equivalent Annual Departure dari Pesawat Rencana	104

Tabel 6.1 Daftar Harga Bahan dan Upah serta Daftar Satuan Dasar Peralatan Kota

Palu Tahun 2015 112

Tabel 6.2 Perhitungan Volume Perkerasan Kaku pada Apron Bandar Udara

Mutiara Sis Al-Jufri Palu 116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Runway Tunggal	11
Gambar 2.2 Runway Paralel	12
Gambar 2.3 Runway Berpotongan	13
Gambar 2.4 Runway V Terbuka	15
Gambar 2.5 Tipe Parkir Pesawat Hidung ke Dalam	19
Gambar 2.6 Tipe Parkir Pesawat Hidung ke Dalam Bersudut	20
Gambar 2.7 Tipe Parkir Pesawat Hidung ke Luar	20
Gambar 2.8 Tipe Parkir Pesawat Sejajar	21
Gambar 2.9 <i>Simple Concept</i>	22
Gambar 2.10 <i>Linear Concept</i>	23
Gambar 2.11 <i>Pier Concept</i>	24
Gambar 2.12 <i>Satellite Concept</i>	24
Gambar 2.13 <i>Transporter (Open) Apron Concept</i>	25
Gambar 2.14 <i>Hybrid Concept</i>	25
Gambar 2.15 <i>Dirrect Upper Level Loading</i>	27
Gambar 2.16 <i>Moveable Steps</i>	28
Gambar 2.17 <i>Passenger Transporter</i>	28
Gambar 2.18 <i>Aircraft-Contained Steps</i>	29
Gambar 3.1 Peta Lokasi Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu	40
Gambar 3.2 Peta Pulau Sulawesi	41
Gambar 3.3 Peta Provinsi Sulawesi Tengah	41
Gambar 3.4 Peta Kota Palu	42
Gambar 3.5 Rancangan Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu	43

Gambar 3.6 Karakteristik Pesawat B 737-800 NG	44
Gambar 3.7 Karakteristik Pesawat B 737-900 ER	45
Gambar 3.8 Diagram Alir	47
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Penumpang Tahun 2006 - 2015.....	53
Gambar 4.2 Grafik Jumlah Pesawat Tahun 2006 - 2015.....	53
Gambar 4.3 Grafik Pergerakan Penumpang Tahun 2006 - 2015	57
Gambar 4.4 Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2006 - 2015	57
Gambar 5.1 Ukuran Denah Apron	84
Gambar 5.2 Susunan Lapis Perkerasan Kaku	88
Gambar 5.3 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-900	94
Gambar 5.4 Pembagian Roda Pesawat Boeing 737-900	94
Gambar 5.5 K On Top of Subbase	96
Gambar 5.6 Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900	97
Gambar 5.7 K On Top of Subbase	101
Gambar 5.8 Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900	102
Gambar 5.9 K On Top of Subbase	105
Gambar 5.10 Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900	106
Gambar 5.11 Sambungan muai arah melintang dan memanjang	108
Gambar 5.12 Sambungan muai arah melintang dengan ruji/dowel	108
Gambar 5.13 Sambungan muai arah memanjang dengan batang pengikat	108
Gambar 5.14 Apron Safety Line	109
Gambar 5.15 Apron Lead-in and Lead-out Line Marking	110
Gambar 5.16 Aircraft Stop Line Marking	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu faktor penting dalam penunjang kemajuan ekonomi suatu daerah. Semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi masyarakat suatu daerah, maka kebutuhan akan sarana transportasi semakin tinggi. Bandar udara merupakan prasarana sektor transportasi udara masyarakat. Dimana guna memenuhi fungsi dan tujuannya maka fasilitas dalam bandar udara harus di perhatikan dalam pengoperasiannya baik dari sisi udara (*airside*) maupun sisi darat (*landside*).

Tingkat mobilisasi masyarakat Kota Palu yang menggunakan transportasi udara dari tahun ke tahun semakin mengalami peningkatan sehingga membutuhkan pengembangan pada Bandar udara Kota Palu yaitu, bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri. Hal ini berdasarkan data Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika Kota Palu tahun 2014 yang menyatakan bahwa jumlah penumpang pada tahun 2011 berjumlah 782.654 penumpang, tahun 2012 berjumlah 916.208 penumpang, dan pada tahun 2013 meningkat menjadi 1.720.500 penumpang. Dengan kenaikan presentase jumlah penumpang transportasi udara, maka akan berdampak pada meningkatnya aktifitas penggunaan fasilitas sisi udara (*airside*) yaitu landasan pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), dan apron. Oleh karena itu sebaiknya dilakukan antisipasi atau pengembangan pada fasilitas

tersebut agar bandar udara Mutiara Sis-Aljufri dapat melayani jumlah permintaan yang ada.

Salah satu fasilitas yang perlu diperhatikan adalah apron. Apron merupakan bagian dari lapangan terbang yang disediakan untuk memuat, dan menurunkan penumpang maupun barang dari pesawat, pengisian bahan bakar, parkir pesawat serta pengecekan alat mesin untuk pengoperasian selanjutnya (Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No.4, Maret 2013. Halaman 271-272).

Peranan apron sebagai tempat parkir pesawat sangatlah penting. Kapasitas apron pada suatu bandara harus dapat mengimbangi pergerakan pesawat yang datang sehingga tidak terjadi penumpukan parkir pesawat. Jika hal tersebut terjadi, maka dapat diindikasikan bahwa fasilitas bandar udara tersebut kurang memadai. Hal itu dapat mempengaruhi keterlambatan waktu keberangkatan pesawat dan penurunan tingkat pelayanan.

Pengembangan apron Bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri ini direncanakan agar dapat menampung enam pesawat berbadan sedang atau *narrow body*, seperti Boeing 737-800 atau Airbus 320 secara bersamaan yang sebelumnya hanya mampu menampung empat pesawat. Selain itu, permintaan dari maskapai penerbangan seperti Batik Air dan Citilink yang mengajukan izin rute untuk mendarat di Bandar udara Mutiara Sis Al-jufri juga menjadi pertimbangan pengembangan apron.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk mengkaji lebih jauh tentang pengembangan fasilitas sisi udara terutama apron agar dapat memenuhi peningkatan kebutuhan pesawat. Maka judul tugas akhir

ini adalah ***PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON BANDAR UDARA MUTIARA SIS AL-JUFRI PALU.***

1.2 Identifikasi Masalah

1. Adanya peningkatan jumlah penumpang dari tahun ke tahun.
2. Apron yang ada sekarang diprediksi tidak akan mampu memenuhi kebutuhan di masa yang akan datang.
3. Diperlukan tebal lapisan perkerasan baru apron yang sesuai dengan karakteristik pesawat rencana.
4. Tinjauan pengembangan apron dengan rencana anggaran biaya.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah peningkatan penumpang pada Bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri untuk 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang?
2. Berapa luas apron untuk memenuhi kebutuhan pengembangan Bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri?
3. Berapa tebal lapisan perkerasan apron yang sesuai dengan karakteristik pesawat rencana?
4. Berapakah estimasi biaya jika dilakukan pengembangan apron?

1.4 Ruang Lingkup

Dalam melakukan studi di Bandara Mutiara Sis Al-Jufri ditetapkan berbagai batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Bandara Mutiara Sis Al-Jufri dan tidak melakukan pengukuran di lapangan.
2. Perhitungan jumlah peramalan penumpang Bandara Mutiara Sis Al-Jufri untuk 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang.
3. Perencanaan tebal perkerasan yang direncanakan hanya fokus pada tebal perkerasan apron dengan menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*).
4. Perencanaan dan pengembangan apron dilakukan pada kondisi eksisting.

1.5 Tujuan dan Manfaat

a. Tujuan

1. Menganalisa jumlah peningkatan penumpang pada Bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri untuk 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang.
2. Menghitung kebutuhan luas apron untuk memenuhi kebutuhan pengembangan Bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri.
3. Merencanakan tebal lapisan perkerasan apron yang sesuai dengan karakteristik pesawat rencana.
4. Untuk mengetahui dan menghitung biaya yang dibutuhkan jika melakukan pengembangan apron

b. Manfaat

1. Dapat digunakan sebagai referensi pihak pengelola bandara untuk melakukan optimalisasi dalam pengembangan apron pada Bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.
2. Memberi dan menambah wawasan tentang optimalisasi apron bagi penulis dan pembaca.

1.6 Studi Terdahulu

1. Nama : Yoanita Eka Rahayu (Teknik Sipil FTSP – ITS)
Judul : Perencanaan Pengembangan Bandara Internasional Juanda Surabaya
Tahun : 2013
Kesimpulan :

1. Dari kondisi eksisting Bandara Internasional Juanda terhadap pengembangan pada sisi Timur sesuai rencana, dengan jenis pesawat rencana yaitu tipe Boeing 737-900 ERW didapatkan hasil perhitungan panjang dan lebar *Runway* adalah 3.000 m x 45 m dilengkapi dengan bahu landasan juga *Stopway* sebesar 60 m x 45 m dan RESA dimensi 90 m. Untuk lebar *Taxiway* total adalah 38 m, dengan lebar bahu sebesar 10 m (setiap sisi nya). Sedangkan letak Exit *Taxiway* dalam perencanaan adalah jarak total minimum dari ujung runway ke lokasi *Exit Taxiway* (S) sebesar sudut $30^\circ = 1844$ m dan untuk sudut $90^\circ = 2.149$ m. Untuk perhitungan perencanaan dimensi Apron didapat luas sebesar 237.604 m².

2. Pada perhitungan perencanaan tebal perkerasan total ***Flexible Pavement*** untuk *Runway*, *Taxiway*, dan *Exit Taxiway* pada **area kritis** sebesar 134 cm, dengan rincian tebal *Surface* = 11 cm, tebal *base* = 31 cm, tebal *Subbase* = 92 cm. Sedangkan pada **area non kritis** sebesar 119 cm dengan rincian tebal *Surface* = 8 cm, tebal *Base* = 28 cm, tebal *Subbase* = 83 cm. Tebal perkerasan ***Rigid Pavement*** untuk *Apron* didapatkan tebal *Surface* = 44 cm dan tebal *Subbase* = 18 cm.

2. Nama : Ayu Aprilischa (Teknik Sipil FTSP – ITS)
- Judul : Studi Optimalisasi Penggunaan Apron Berdasarkan Karakteristik Pesawat di Bandar Udara Internasional Ngurah Rai Bali
- Tahun : 2013
- Kesimpulan : Dari hasil perhitungan Tugas Akhir ini, dapat diketahui bahwa Untuk kondisi 5 tahun mendatang kapasitas parking stand masih mampu menampung volume pergerakan pesawat yang akan menggunakan apron. Namun pada kondisi 10 tahun mendatang kapasitas parking stand yang ada sudah tidak mampu menampung peningkatan volume pergerakan pesawat yang akan menggunakan apron. Untuk kondisi 5 tahun mendatang volume pergerakan pesawat yang terjadi sebesar 37 pesawat dan untuk kondisi 10 tahun mendatang volume pergerakan pesawat yang terjadi sebesar 42 pesawat. Optimalisasi yang dilakukan untuk kondisi 5 tahun mendatang adalah dengan menambah alternatif

pemakaian apron dengan mengubah posisi parking stand sesuai dengan volume pergerakan pesawat yang dibutuhkan. Sedangkan untuk kondisi 10 tahun mendatang optimalisasi yang dilakukan adalah melakukan perluasan apron yaitu perluasan pada apron A dan apron D.

3. Nama : Aditya Imam Dwi Prastyo (Teknik Sipil FTSP – ITS)
- Judul : Perencanaan Tebal Perkerasan Runway dan Taxiway Bandara Kuala Namu, Deli Serdang – Sumatera Utara
- Tahun : 2013
- Kesimpulan : Dengan analisa yang dilakukan didapatkan bahwa perencanaan tebal perkerasan *runway* dan *taxiway* dengan metode FAA didapat tebal kritis = 109,63 cm dan non kritis = 97,65 cm. Untuk analisa arah *runway* pada bandara kuala namu, arah *runway* yang menentukan dengan angin dominan mengarah ke arah timur timur laut. Dan untuk daya dukung tanah, penggunaan PVD menggunakan pola segi empat dengan dimensi $10 \times 0,3 \text{ cm}^2$.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi dan Pengertian Umum Bandar Udara

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 40 Tahun 2012 tentang pembangunan dan pelestarian hidup bandar udara, bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 20 tahun 2014 tentang tata cara dan prosedur penetapan lokasi bandar udara, fasilitas penunjang bandar udara terbagi dua, yaitu:

- a. Fasilitas sisi udara (*airside facility*) antara lain:
 1. landas pacu (*runway*);
 2. *runway strip*, *Runway End Safety Area (RESA)*, *stopway*, *clearway*;
 3. landas hubung (*taxiway*);
 4. landas parkir (*apron*);
 5. marka dan rambu; dan
 6. taman meteo (fasilitas dan peralatan pengamatan cuaca).

b. Fasilitas sisi darat (*landside facility*) antara lain:

1. Bangunan terminal penumpang;
2. Bangunan terminal kargo;
3. Menara pengatur lalu lintas penerbangan (*control tower*);
4. Bangunan operasional penerbangan;
5. Jalan masuk (*access road*);
6. Parkir kendaraan bermotor;
7. Depo pengisian bahan bakar pesawat udara;
8. Bangunan hangar
9. Bangunan administrasi/ perkantoran;
10. Marka dan rambu; dan
11. Fasilitas pengolahan limbah.

2.2 Konfigurasi Bandar Udara

Konfigurasi bandar udara adalah bagian-bagian fisik yang mendukung suatu keberadaan bandar udara. Bagian-bagian tersebut yaitu:

2.2.1 Landasan Pacu (*Runway*)

Landasan pacu adalah komponen pokok yang digunakan pada saat pesawat terbang melakukan pendaratan (*landing*) dan tinggal landas (*take off*). Jumlah landasan pacu yang tersedia tergantung dari volume lalu lintas suatu bandara. Sehingga, semakin sibuk suatu bandara maka dibutuhkan landasan pacu lebih dari satu.

2.2.1.1 Konfigurasi Landasan Pacu (*Runway*)

Terdapat banyak macam konfigurasi yang dipakai bandara-bandara di dunia, tetapi semua itu pada umumnya mengacu pada beberapa bentuk dasar yaitu:

1. *Runway Tunggal*

Runway Tunggal merupakan konfigurasi yang paling sederhana. Telah diadakan perhitungan bahwa kapasitas runway tunggal pada saat kondisi *Visual Flight Rules* (VFR) antara 45-100 pergerakan tiap jam, sedangkan dalam kondisi *Instrument Flight Rules* (IFR) kapasitas berkurang menjadi 40 -50 pergerakan tergantung pada komposisi pesawat campuran dan tersedianya alat bantu navigasi. Kondisi *Visual Flight Rules* (VFR) adalah kondisi penerbangan dengan keadaan cuaca yang sedemikian rupa sehingga pesawat dapat mempertahankan jarak yang aman dengan cara visual. Kondisi *Instrument Flight Rules* (IFR) adalah kondisi dimana penerbangan apabila jarak penglihatan atau batas penglihatan berada dibawah yang ditentukan oleh VFR. Kelebihan dari jenis runway ini adalah karena tipe yang paling sederhana, maka dapat diterapkan di setiap bandara. Namun kekurangan dari tipe *runway* ini hanya dapat melayani satu pergerakan pesawat. Sehingga jika terjadi penumpukan pergerakan pesawat maka akan menyebabkan terjadinya antrian pesawat yang akan tinggal landas (*take-off*) maupun pendaratan (*landing*).



Gambar 2.1 *Runway Tunggal*

2. *Runway Paralel*

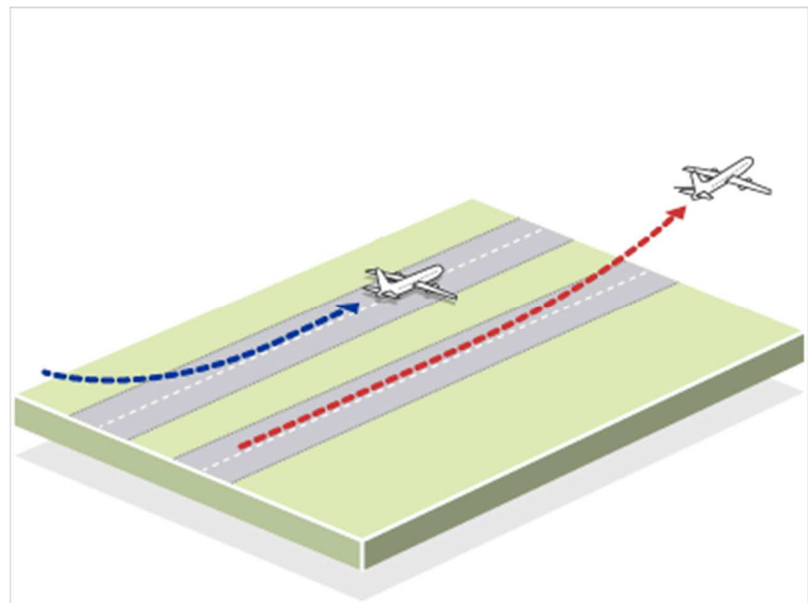
Kapasitas landasan sejajar tergantung kepada jumlah landasan dan pemisah/jarak antara dua landasan. Penjarakan landasan dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Berdekatan / rapat (close)
2. Menengah (Intermediete)
3. Jauh / renggang (far)

Tergantung kepada tingkat “ketergantungan” antara dua landasan dalam kondisi IFR. Landasan sejajar berdekatan (*Close*) mempunyai jarak sumbu ke sumbu $100\text{ ft} = 213\text{ m}$ (untuk lapangan terbang pesawat angkut) sampai $3500\text{ ft} = 1067\text{ m}$. Dalam kondisi IFR operasi penerbangan pada satu landasan tergantung pada operasi landasan lainnya. Landasan menengah (*intermediete*) mempunyai jarak sumbu ke sumbu $3500\text{ ft} = 1067\text{ m}$ sampai $5000\text{ ft} = 1524\text{ m}$. Dalam kondisi IFR kedatangan pada satu landasan tidak tergantung kepda keberangkatan pada landasan lainnya. Landasan sejajar jauh (*Far*) mempunyai jarak sumbu ke sumbu $4300\text{ ft} = 1310$

m atau lebih. Dalam kondisi IFR dua landasan dapat dioperasikan tanpa saling tergantung satu sama lain.

Untuk runway sejajar rapat, menengah, jauh kapasitasnya per jam dapat bervariasi di antara 100 sampai 200 operasi dalam kondisi-kondisi VFR, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Dalam kondisi IFR kapasitas per jam untuk yang berjarak rapat berkisar antara 50 sampai 60 operasi, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Untuk runway sejajar yang berjarak menengah kapasitas per jam berkisar 60 sampai 70 operasi dan untuk yang berjarak jauh antara 100 sampai 125 operasi per jam. Keuntungan utama dari landasan dua jalur adalah bisa meningkatkan kapasitas dalam kondisi IFR tanpa menambah luas tanah. Namun kekurangan dari sistem ini adalah dalam pengawasan lalu lintas udara, pengaturan pesawat udara cukup rumit.



Gambar 2.2 *Runway Paralel*

3. *Runway Berpotongan*

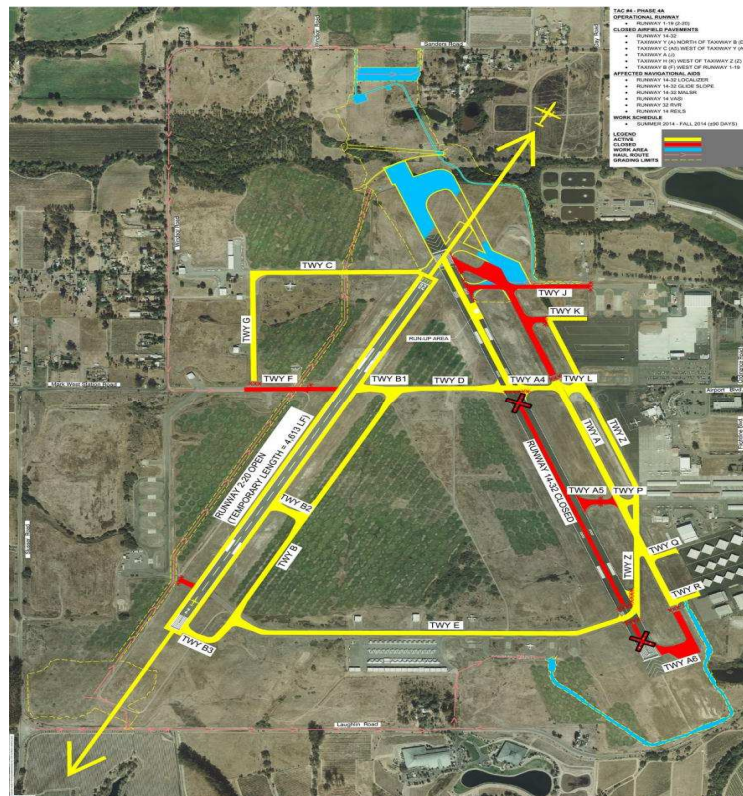
Landasan bersilangan diperlukan jika angin yang bertiup keras lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan tiupan angin berlebihan bila landasn mengarah ke satu mata angin. Pada suatu saat angin bertiup kencang satu arah maka hanya satu landasn dari dua landasn yang bersilangan yang bisa digunakan. Bila angin bertiup lemah (kurang dari 20 knots atau 13 knots) maka kedua landasan bisa dipakai bersama-sama. Kapasitas dua landasan yang bersilangan tergantung sepenuhnya di bagian mana landasan itu bersilangan (ditengah, diujung) serta cara ratan dan lepas landas.operasi penerbangan yaitu strategi dari pendaratan atau lepas landas. Kapasitas landasan ditentukan dari jarak persilangan terhadap titik awal lepas landas. Semakin dekat jarak persilangan dengan titik awal lepas landas, maka semakin besar kapasitas yang dicapai.



Gambar 2.3 *Runway Berpotongan*

4. Runway V Terbuka

Runway V terbuka merupakan *runway* yang arahnya memencar (divergen) tetapi tidak berpotongan. Strategi yang menghasilkan kapasitas tertinggi adalah apabila operasi penerbangan dilakukan menjauhi V. Dalam kondisi IFR, kapasitas per jam untuk strategi ini berkisar antara 50 sampai 80 operasi tergantung campuran pesawat terbang dan dalam kondisi VFR antara 60 sampai 180 operasi. Apabila operasi penerbangan dilakukan menuju V kapasitasnya berkurang menjadi 50 atau 60 dalam keadaan IFR sedangkan dalam keadaan VFR antara 50 sampai 100. Sama halnya pada landasan bersilang, landasan V terbuka dibentuk karena arah angin keras dari banyak arah sehingga harus membuat landasan dengan dua arah. Ketika angin bertiup kencang dari satu arah, maka landasan hanya bisa dioperasikan satu arah saja, sedangkan pada keadaan angin bertiup lembut, landasan dua-duanya bisa dipakai bersamaan.



Gambar 2.4 Runway V Terbuka

2.2.2 Apron

Apron adalah bagian dari lapangan gerak darat suatu bandara yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan penumpang dan muatan, pengisian bahan bakar, parkir, dan persiapan pesawat terbang sebelum melanjutkan penerbangan. Apron terdiri dari tempat parkir pesawat (*aircraft gates*, *aircraft stands*, atau *ramps*) dan jalur khusus sirkulasi pesawat memasuki/keluar tempat parkir (*taxilane*).

Ukuran apron terdiri dari beberapa faktor yang meliputi:

1. Jumlah aircraft gate
2. Ukuran gate
3. Sistem dan tipe parkir pesawat

2.2.2.1 Dimensi Apron

1. Jumlah *Aircraft Gate*

Perencanaan jumlah *gate* ditentukan berdasarkan perkiraan arus kedatangan dan keberangkatan pesawat tiap jam dalam perencanaan awal. Jumlah *gate* bergantung pada jumlah pesawat yang harus dilayani selama jam pelayanan tiap hari dan total waktu yang diperlukan tiap pesawat selama berada di *gate*. Faktor pemakaian *gate* rata-rata di suatu bandara bervariasi antara 0,5 – 0,8 karena hampir tidak mungkin suatu *gate* dipergunakan selama 100% waktu karena gerak manuver pesawat masuk/keluar *gate* akan menghalangi pesawat lainnya untuk masuk/keluar *apron gate* disekitarnya.

Penentuan jumlah *gate position* dapat dihitung berdasarkan perumusan di bawah ini.

$$\text{Rumus : } G = (V \times T) / U \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

G = Jumlah Gate

V = Volume rencana untuk kedatangan atau
Keberangkatan (gerakan / jam)

T = Gate Occupancy Time (jam)

Untuk kelas A = 60 Menit

Untuk kelas B = 40 Menit

Untuk kelas C = 30 Menit

U = Faktor pemakaian gate (0,6 – 0,8 bisa digunakan untuk semua jenis perusahaan penerbangan. 0,5 – 0,6 hanya bisa dipakai untuk beberapa jenis perusahaan penerbangan)

1. Ukuran Gate

Ukuran *gate* tergantung dari pesawat serta tipe parkir pesawat di depan *gate*. Ukuran dari pesawat menentukan luas areal yang diperlukan untuk parkir dan bermanuver di apron. Ukuran pesawat juga menentukan karakteristik dari peralatan servis yang diperlukan untuk pelayanan pesawat di apron (*ground handling*).

Secara umum berbagai badan-badan penerbangan serta perusahaan pembuat pesawat telah memberikan spesifikasi untuk setiap tipe pesawat disertai dengan gambarnya. Pedoman tersebut dapat digunakan untuk menentukan ukuran *aircraft gate* berbagai jenis pesawat, tipe parkir, dan kondisi manuvernya.

2. Tipe Parkir Pesawat

Tipe parkir pesawat berhubungan dengan cara bagaimana pesawat ditempatkan yang berkenaan dengan gedung terminal dan manuver pesawat dan keluar dari pintu hubung. Tipe parkir pesawat merupakan faktor yang penting, yang mempengaruhi luas daerah apron. Pesawat dapat ditempatkan dengan berbagai sudut terhadap gedung terminal dan dapat masuk atau keluar dari pintu hubung dengan kekuatan sendiri atau dengan bantuan alat penarik/pendorong. Dengan menggunakan alat penarik atau

pendorong pesawat, terdapat kemungkinan untuk mengurangi ukuran posisi parkir.

a. Tipe Parkir Hidung ke Dalam

Dalam konfigurasi hidung kedalam (*nose-in*) pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal, dengan hidung pesawat berjarak sedekat mungkin dengan gedung terminal. Pesawat melakukan manuver ke dalam posisi parkir tanpa bantuan alat penarik. Untuk meninggalkan pintu-hubung, pesawat harus didorong sampai suatu jarak yang cukup untuk memungkinkan pesawat itu bergerak dengan kekuatan sendiri. Keuntungan dari konfigurasi ini adalah membutuhkan daerah pintu-hubung yang paling kecil untuk sebuah pesawat yang dibutuhkan, menimbulkan tingkat kebisingan yang lebih rendah karena meninggalkan pintu hubung tidak dengan kekuatan mesin sendiri, tidak menimbulkan semburan jet pada gedung terminal, dan memudahkan penumpang naik ke pesawat karena hidung pesawat terletak dekat dengan gedung terminal. Kerugiannya adalah harus disediakan alat pendorong/penarik pesawat dan hidung pesawat terlalu jauh sehingga pintu belakang pesawat tidak dapat digunakan secara efektif oleh penumpang.



Gambar 2.5 Tipe Parkir Pesawat Hidung ke Dalam

b. Tipe Parkir Pesawat Hidung ke dalam Bersudut

Konfigurasi ini adalah serupa dengan konfigurasi hidung ke dalam (nose-in) tetapi pesawat tidak diparkir tegak lurus dengan gedung terminal. Keuntungan konfigurasi ini adalah pesawat dapat memasuki dan keluar dari pintu-hubung dengan kekuatan mesin sendiri. Meskipun demikian, konfigurasi ini membutuhkan daerah parkir yang lebih luas dan menimbulkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi daripada konfigurasi hidung ke dalam.



Gambar 2.6 Tipe Parkir Pesawat Hidung ke Dalam

Bersudut

c. Tipe Parkir Hidung ke Luar Bersudut

Dalam konfigurasi ini, pesawat diparkir dengan hiungnya menjauhi gedung terminal. Seperti konfigurasi hidung ke dalam bersudut, keuntungan dari konfigurasi ini adalah bahwa pesawat dapat memasuki atau ke luar dari pintu-hubung dengan kekuatan mesin sendiri. Konfigurasi ini membutuhkan daerah parkir yang lebih luas. Kerugian dari konfigurasi ini adalah bahwa semburan jet dan kebisingan diarahkan ke gedung terminal ketika mesin pesawat dihidupkan.



Gambar 2.7 Tipe Parkir Pesawat Hidung ke Luar

d. Tipe Parkir Sejajar

Konfigurasi ini adalah yang paling mudah dipandang dari sudut manuver pesawat. Dalam hal ini semburan jet dikurangi, karena tidak memerlukan gerakan pemutaran yang tajam. Meskipun demikian konfigurasi ini membutuhkan daerah parkir yang lebih besar, terutama di sepanjang permukaan gedung terminal. Keuntungan lainnya dari konfigurasi ini adalah baik pintu depan maupun pintu belakang pesawat digunakan oleh penumpang untuk naik dan turun dari pesawat.



Gambar 2.8 Tipe Parkir Pesawat Sejajar

Setelah mengetahui jumlah gate yang dibutuhkan dapat dilakukan perhitungan luas apron dengan persamaan sebagai berikut :

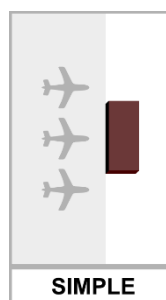
$$\text{Luas Apron} = \text{Panjang Apron} \times (\text{Banyak gate} \times \text{Lebar Apron})$$

2.2.2.2 Desain Konsep Apron

Desain konsep apron berkaitan erat dengan konsep gedung terminal. Terdapat beberapa konsep apron dengan karakteristiknya masing-masing. Berikut ini adalah karakteristik dan desain konsep apron.

a. *Simple Concept*

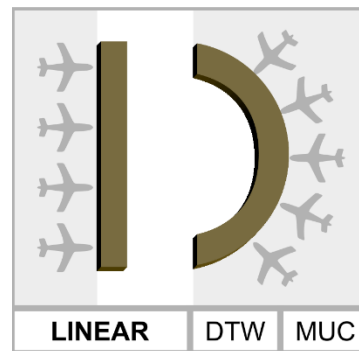
Konsep ini digunakan untuk bandara dengan volume penerbangan yang kecil. Pesawat pada umumnya diparkir dengan *nose-in* atau *nose-out* untuk *taxi in* dan *taxi out*. Hal yang perlu diperhatikan adalah menyediakan jarak bebas yang cukup antara ujung apron dan sisi udara muka gedung terminal. Apabila hal ini tidak dapat dihindari maka perlu dipasang pagar pembatas pagar udara dari mesin jet tidak mengganggu.



Gambar 2.9 *Simple Concept*

b. ***Linear Concept***

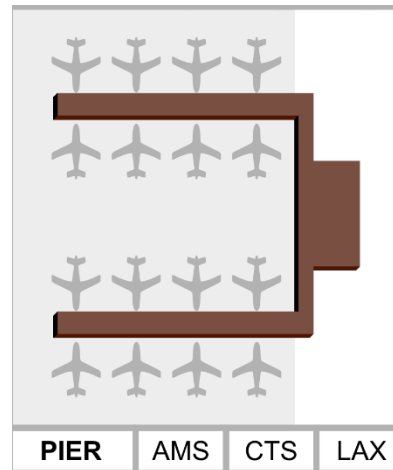
Konsep ini dapat dikatakan sebagai kemajuan dari simple concept. Pesawat dapat diparkir bersudut atau parallel. Pada umumnya pesawat parkir dengan *nose-in/push-out*. Pesawat dengan mudah melakukan manuver pada saat *taxiing* di *gate*. Namun *push-out* dapat sedikit mengganggu kegiatan pesawat lainnya pada saat di apron. Koridor antara apron dan muka gedung terminal dapat digunakan untuk sirkulasi pergerakan apron dan daerah sekitar hidung pesawat yang terparkir dapat digunakan sebagai daerah *ground service equipment*.



Gambar 2.10 *Linear Concept*

c. ***Pier Concept***

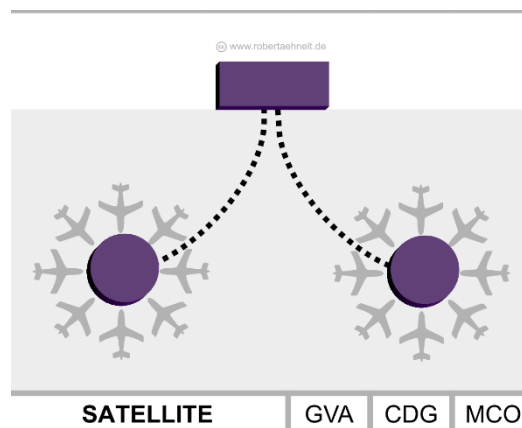
Terdapat beberapa variasi dan konsep ini, tergantung dari besarnya *pier*. Pesawat dapat diparkir di *gate* di kedua sisi *pier* dengan cara bersudut, parallel, atau perpendicular (*nose-in*). Keuntungan dari konsep ini adalah semua pesawat dekat dengan gedung terminal.



Gambar 2.11 *Pier Concept*

d. *Satellite Concept*

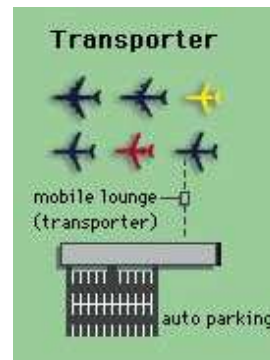
Konsep ini terdiri dari beberapa unit satelit yang dikelilingi oleh beberapa *gate position* pesawat dan terpisah dari gedung terminal. Penumpang menuju satelit dari gedung terminal melalui *underground* atau *elevated corridor* sebagai media terbaik untuk melalui daerah apron. Tergantung dari bentuk satelit, pesawat dapat diparkir dengan radial, parallel, atau cara yang lain. Kerugian dari konsep ini adalah sulitnya melakukan pengembangan apron karena seluruh unit satelit perlu melakukan pengembangan apron karena seluruh unit satelit perlu melakukan konstruksi ulang apabila dibutuhkan penambahan *gate position*.



Gambar 2.12 *Satellite Concept*

e. Transporter (open) Apron Concept

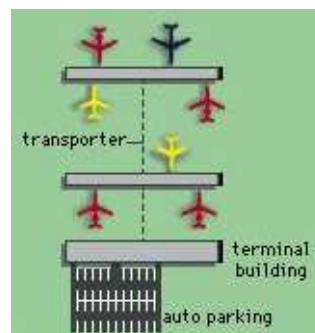
Konsep ini dapat disebut juga sebagai apron bergerak atau konsep transporter. Apron terletak secara ideal untuk pesawat. Contohnya apron dekat dengan *runway*. Konsep ini memberikan keuntungan untuk *handling* pesawat, seperti jarak *taxiing* yang lebih pendek, mudah melakukan manuver, dan fleksibilitas yang cukup. Namun, konsep ini memerlukan alat transportasi untuk memindahkan penumpang, bagasi, dan kargo.



Gambar 2.13 *Transporter (open) Apron Concept*

f. Hybrid Concept

Konsep ini memadukan lebih dari satu konsep apron yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada umumnya, konsep transporter dikombinasikan dengan konsep lainnya agar dapat melayani *peak traffic*.



Gambar 2.14 *Hybrid Concept*

2.2.2.3 *Layout Apron*

Dalam mendesain layout apron, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Pertama, layout apron yang paling baik adalah sesuai dengan pemilihan desain gedung terminal. *Volume traffic* pesawat yang akan dilayani merupakan faktor utama dalam penentuan layout apron yang paling efisien.

Kedua, metode menaikkan penumpang (*passenger loading*) ke dalam pesawat. Ada beberapa metode yang dapat digunakan yaitu:

a. *Direct Upper Level Loading*

Metode menaikkan penumpang dengan bantuan *loading bridge*, sehingga memungkinkan penumpang memasuki pesawat dari lantai atas gedung terminal. Terdapat dua tipe *loading bridge*. Pertama adalah *the stationary loading bridge*. Metode ini menggunakan *loading bridge* yang pendek yang mana dipasang menerus dari gedung terminal dan berhenti tepat di pintu yang berlawanan dari pintu masuk *loading bridge*. Jembatan ini dipasang dengan jarak yang tidak terlalu jauh dari pesawat, sehingga variasi ketinggian antara lantai pesawat dengan lantai gedung terminal sangat kecil.

Kedua, *the apron-drive loading bridge*, metode ini menggunakan jembatan yang memiliki lorong pada salah satu

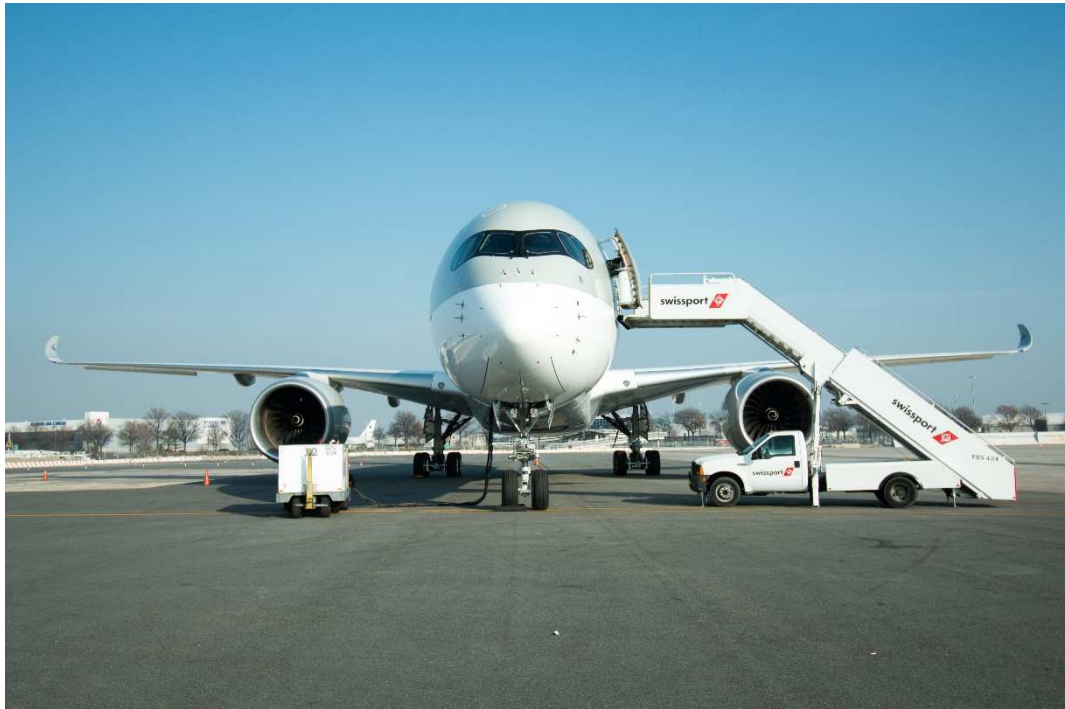
ujungnya bertumpu pada gedung terminal sedangkan di sisi ujung lainnya ditumpu oleh *dual-wheel* yang diputar. Jembatan ini akan dipasangkan dan dipanjangkan hingga menyentuh lantai pesawat. Bagian ujung lorong yang menyentuh lantai dapat dinaikkan atau diturunkan secara signifikan sehingga memungkinkan pesawat dengan berbagai ketinggian dapat dilayani.



Gambar 2.15 *Dirrect Upper Level Loading*

b. Moveable Steps

Metode ini memungkinkan penumpang memasuki pesawat menggunakan tangga beroda yang dipasang pada pintu pesawat. Penumpang dapat memasuki daerah apron dengan berjalan atau menggunakan bus yang disediakan oleh pihak bandara.



Gambar 2.16 *Moveable Steps*

c. *Passenger Transporter*

Metode ini menaikkan penumpang dengan menaiki bus atau alat perpindahan khusus dari gedung terminal menuju lokasi parkir pesawat yang bersifat *remote*. Lalu penumpang dapat menggunakan tangga yang tersedia untuk menaiki pesawat.



Gambar 2.17 *Passenger Transporter*

d. Aircraft-contained Steps

Metode ini hampir sama dengan *moveable steps* namun hanya dapat digunakan oleh pesawat yang telah dilengkapi oleh tangga untuk menaik-turunkan penumpang. Setelah pesawat berhenti, kru pesawat menurunkan tangga tersebut kemudian penumpang memasuki daerah apron dengan berjalan atau menggunakan bus yang telah disediakan. Lalu penumpang dapat langsung menaiki tangga untuk masuk ke dalam pesawat.



Gambar 2.18 *Aircraft-Contained Steps*

2.3 Karakteristik Pesawat Rencana

Sebelum kita merancang sebuah bandar udara lengkap dengan fasilitasnya, dibutuhkan pengetahuan tentang spesifikasi pesawat terbang secara umum untuk merencanakan prasarannya.

Pesawat yang digunakan untuk operasional penerbangan mempunyai kapasitas bervariasi mulai dari 10 hingga 1000 penumpang. Pesawat terbang "*General Aviation*" dikategorikan sebagai pesawat-pesawat terbang berukuran kecil jika memiliki daya angkut berkisar 50 orang.

Beberapa karakteristik dari penerbangan umum tipikal maupun pesawat terbang komuter (*commuter*) jarak pendek, termasuk yang digunakan pada kepentingan perusahaan. Untuk menyadari bahwa karakter-karakter tersebut, seperti berat kosong, kapasitas penumpang, dan panjang landasan pacu tidak dapat dibuat secara tepat dalam pembuatan tabel tersebut karena terdapat banyak faktor yang dapat mengubah nilai-nilai didalamnya. Ukuran roda pendaratan utama dan tekanan udara pada ban tipikal untuk beberapa pesawat terbang juga harus diperhitungkan guna perencanaan lanjut. Karakter yang dijelaskan di atas adalah perlu untuk perencanaan bandar udara. Berat pesawat terbang memiliki peran penting untuk menentukan tebal perkerasan landasan pacu, landas hubung, taxiway, dan perkerasan apron. Bentangan sayap dan panjang badan pesawat mempengaruhi ukuran apron, yang akan mempengaruhi susunan gedung-gedung terminal. Ukuran pesawat juga menentukan lebar landasan pacu, landas hubung dan jarak antar keduanya, serta mempengaruhi jari-jari putar yang dibutuhkan saat pesawat akan parkir. Kapasitas penumpang mempunyai pengaruh penting dalam menentukan pengadaan fasilitas-fasilitas yang ada di dalam terminal. Panjang landasan pacu mempengaruhi sebagian besar daerah yang dibutuhkan suatu bandar udara.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perencanaan geometrik lapangan terbang adalah:

- a. Karakteristik dan ukuran pesawat yang direncanakan akan beroperasi di bandar udara
- b. Perkiraan volume penumpang
- c. Kondisi meteorologi (rata-rata temperature udara maksimum dan rata-rata kecepatan angin)
- d. Elevasi permukaan bandar udara.
- e. Kondisi lingkungan setempat. Misalnya ketinggian gedung-gedung eksisting yang ada disekitar bandar udara.

Dilihat dari faktor-faktor diatas, maka faktor tersebut hampir sama dengan parameter dalam menentukan suatu panjang landasan pacu (*runway*), karena itu setiap bandar udara harus memiliki data-data tersebut diatas.

Seperti halnya dalam karakteristik kemampuan pesawat yang berpengaruh langsung terhadap penentuan panjang landasan pesawat dan temperatur yang juga mempengaruhi panjang landasan, bila suatu temperatur tinggi, maka diperlukan landasan yang lebih panjang.

2.4 Desain Perkerasan Bandar Udara

Perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan daya dukung dan kekerasan yang berlainan. Perkerasan pada bandar udara memiliki fungsi sebagai tumpuan untuk menahan beban pesawat secara aman dan nyaman selama umur rencana. Untuk memenuhi fungsi tersebut struktur harus :

1. Dapat mereduksi tegangan yang terjadi akibat beban pesawat sampai batasan yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar, tanpa menimbulkan perbedaan lendutan dan penurunan yang dapat merusak perkerasan.
2. Direncanakan/didesain sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, pengaruh cuaca serta kondisi lingkungan.

Dalam merencanakan perkerasan bandar udara, baik perencanaan perkerasan *runway* (landas pacu), *taxiway*, *exit taxiway*, apron menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan kaku (*rigid pavement*) dapat menggunakan metode yang berbeda-beda. Adapun metode perencanaan perkerasan lapangan terbang tersebut, antara lain :

- a. Metode *US Corporation Of Engineers* lebih dikenal dengan metode CBR
- b. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*)
- c. Metode LCN (*Load Classification Number*) dari Inggris
- d. Metode *Ashpalt Institute*
- e. Metode *Canadian Departemnt Of Transportation*.

Selanjutnya akan fokus dibahas desain perkerasan kaku dengan menggunakan metode FAA.

2.4.1 Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Metode FAA

Perkerasan kaku adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat dimana saat pembebanan berlangsung perkerasan tidak mengalami perubahan bentuk, artinya perkerasan tetap seperti

kondisi semula sebelum pembebanan berlangsung. Sehingga dengan sifat ini, maka dapat dilihat apakah lapisan permukaan yang terdiri dari plat beton tersebut akan pecah atau patah. Perkerasan kaku ini biasanya terdiri tiga lapisan yaitu:

a. **Tanah dasar (*subgrade*)**

Bahan-bahan subgrade dibawah perkerasan kaku harus dipadatkan agar mendapatkan stabilitas yang memadai dan daya dukung yang seragam. Pemadatan meningkatkan density tentunya dengan moisture content yang tepat. FAA menganjurkan bagi tanah kohesif yang dipakai untuk penimbunan, seluruh timbunannya agar dipadatkan 90 % density maksimum dengan mengikuti prosedur test salah satu dari : FAA-T-611, AASHTO-T-180, ASTM-D-1557 atau Bina Marga PB-0112-76.

Untuk tanah kohesif pada tanah galian, bagian atas setebal 15 cm = 6 in. Subgrade agar dipadatkan sebesar 90% density maksimum. Untuk tanah non kohesif yang dipakai pada penimbunan, bagian atas timbunan 150 mm (6 inch) harus dipadatkan 100% density maksimum, dan lapisan timbunan lainnya dipadatkan 95% density maksimum. Untuk daerah galian, jenis tanah yang sama, lapisan bagian atas 15 cm (6 inch) harus dipadatkan 100% density maksimum, lapis bawahnya setebal 46 cm (18 inch) harus dipadatkan 95% density maksimum.

Kekuatan Subgrade untuk rencana perkerasan kaku ditentukan dengan testpalte bearing dengan menggunakan plat yang jari-jarinya 762 mm (30 inch) prosedur testnya dipakai AASHTO T-222

b. Lapisan pondasi bawah (*subbase coarse*)

Lapisan ini dikonstruksikan dengan material kerikil (granular), batu pecah dengan gradasi baik, kerikil campur tanah, bahan kerikil yang diperbaiki dengan semen atau campuran kerikil aspal.

c. Lapisan Permukaan (*surface coarse*)

Lapis permukaan (*surface coarse*) pada perkerasan kaku berupa slab beton bersambung atau tidak bersambung dengan atau tanpa tulangan. Daya dukung utama pada perkerasan kaku diperoleh dari slab beton. Kekuatan lapisan permukaan yang berupa slab beton ini dinyatakan dalam kuat lentur beton, yang keudian dilambangkan dengan nilai MR (*modulus of rapture*)

Pada perkerasan kaku biasanya dipilih untuk: Ujung landasan, pertemuan antara landasan pacu dan *taxiway*, *apron* dan daerah-daerah lain yang dipakai untuk parkir pesawat atau daerah-daerah yang mendapat pengaruh panas *blast jet* dan limpahan minyak (Basuki, 1986).

2.5 Perancangan Geometrik Apron

Apron merupakan tempat bagi pesawat yang melakukan *ground service*. Apron direncanakan untuk menampung lebih dari satu pesawat. Untuk mengakomodasi kebutuhan tiap pesawat agar dapat melakukan *ground service* maupun maneuver dengan aman, maka apron diatur melalui pengaturan konfigurasi parkir. Hal ini tergantung pada luasnya apron dan banyaknya pesawat yang ditangani.

a. Persyaratan *Clearance Distance* antara *Aircraft Requirements*

Sebuah pesawat yang berada dalam aircraft stand dengan bangunan/pesawat/objek lain mempunyai nilai clearance masing-masing tergantung kepada jenis pesawat yang beroperasi.

	Code Letter				
	A	B	C	D	E
Wing Tip Clearance	3,0 m	3,0 m	4,5 m	7,5 m	7,5*m

Tabel 2.1 Minimum Clearance Distance antara Aircraft Requirements

12. 10 m where the parking position is defined for free
moving parking (AL 1/89)

Sumber: Annex 14, Aerodrome Design Manual ICAO, 1984

	Code Letter				
	A	B	C	D	E
Separation	12,0 m	16,5 m	24,5 m	36,0 m	42,5 m

Tabel 2.2 Minimum Separation Distance antara Aircraft

Parking Position Taxiline dan Object

13. Measured from centre line to object

Sumber: Annex 14, Aerodrome Design Manual ICAO, 1984

b. Persyaratan Kemiringan Apron

Apron disyaratkan harus memiliki kemiringan yang cukup sehingga tidak terjadi penggenangan air di permukaan apron. Kemiringan maksimum yang disyaratkan adalah 1%.

Di daerah pemuatan bahan bakar pesawat, harus diusahakan kemiringan apron sekitar ½% transversal sumbu pesawat untuk menjamin ketelitian pengukuran bahan bakar. Kemiringan apron harus menjauhi bangunan terminal, terutama di daerah pengisian bahan bakar.

2.6 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya pembangunan atau sering disingkat dengan RAB adalah perhitungan biaya pembangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadikan sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan.

2.6.1 Fungsi Rencana Anggaran Biaya

Adapun fungsi dari rencana anggaran biaya adalah:

1. Sebagai pedoman kontraktor untuk melakukan perjanjian kontrak dengan sub-kontraktor atau pemborong.
2. Sebagai acuan untuk negoisasi harga antara kontraktor dengan mandor atau sub-kontraktor maupun juga *owner*.
3. Untuk mengetahui perkiraan keuntungan atau kerugian yang akan dialami jika menggunakan suatu metode kerja.
4. Jika ternyata diperkirakan rugi, maka kontraktor bisa mencari jalan agar tetap untung.
5. Sebagai dasar untuk membuat jadwal pendatangan material dan tenaga kerja.
6. Sebagai bahan laporan proyek kepada perusahaan pada kontraktor besar yang mempunyai banyak proyek.
7. Sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan langkah manajemen terbaik agar kontraktor untung dan pemilik proyek senang.
8. Untuk membuat kurva S. Namun jadwal ini biasanya dibuat khusus untuk keperluan kontraktor. Sedangkan untuk laporan ke konsultan pengawas atau pemilik proyek tetap berpedoman pada rencana anggaran biaya (RAB).

2.6.2 Data Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Untuk dapat menghitung RAB maka diperlukan berbagai data yang digunakan untuk menghitung rencana anggaran biaya, data-data tersebut digunakan sebagai pedoman untuk menetapkan

besarnya harga setiap item pekerjaan bangunan. Berikut data-data yang diperlukan:

1. Gambar bangunan yang berisi informasi bentuk bangunan, ukuran-ukuran detail bangunan, serta material yang digunakan dalam setiap detail bangunan.
2. Waktu pelaksanaan pembangunan. Perbedaan waktu pelaksanaan pembangunan tentu dapat menghasilkan perbedaan biaya bangunan baik secara harga maupun perbedaan nilai uang yang digunakan.
3. Harga bahan bangunan/material. Berisi daftar harga material yang digunakan sesuai daerah dimana bangunan tersebut dibangun.
4. Harga upah tenaga kerja bangunan.
5. Analisa harga satuan pekerjaan atau standar harga pekerjaan.

2.6.3 Langkah Menghitung Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan dan melihat data-data yang digunakan untuk menghitung rencana anggaran biaya.
2. Menghitung volume masing-masing item pekerjaan dengan satuan sesuai dengan satuan dalam perhitungan rencana anggaran biaya.
3. Menghitung harga satuan pekerjaan. Misalnya, harga pekerjaan urugan per m^3 , dll.
4. Mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan pada setiap detail item masing-masing pekerjaan.

5. Setelah semua item pekerjaan bangunan dihitung harga masing-masing kemudian dibuat rekapitulasi total harga seluruh pekerjaan menjadi satu kesatuan rencana anggaran biaya bangunan yang dibutuhkan.

Hasil perhitungan tersebut kemudian ditambahkan dengan nilai pajak atau harga keuntungan yang diberikan kepada kontraktor.

BAB III

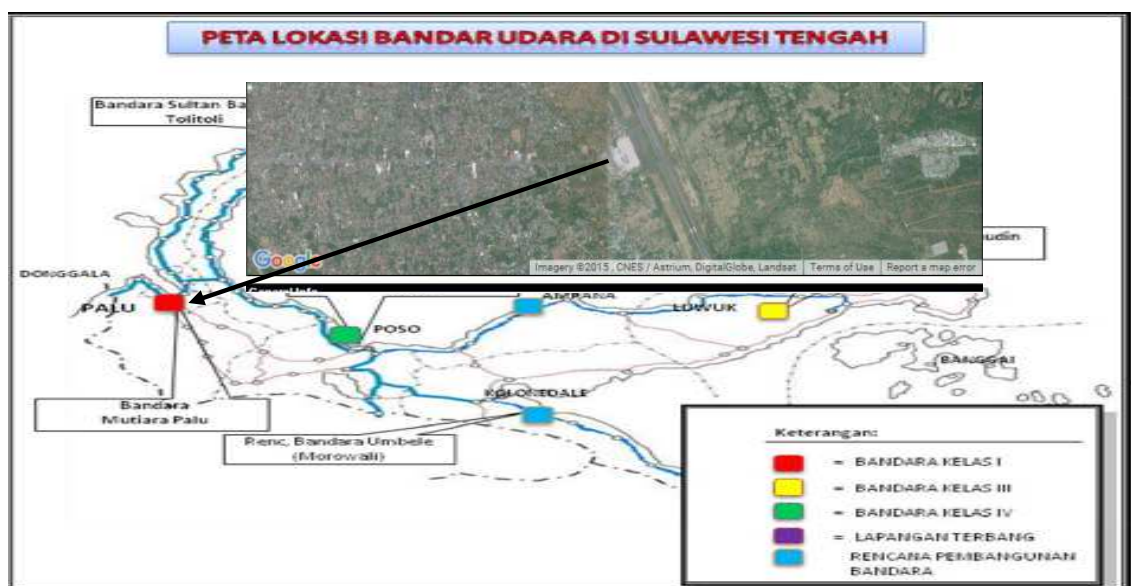
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Metodologi

Didalam metodologi perencanaan, langkah utama yang dilakukan adalah dengan membuat diagram alir perencanaan. Hal itu guna menjabarkan langkah-langkah yang akan diambil dalam proses pengembangan apron. Dimana didalamnya terdapat beberapa proses, yaitu proses identifikasi masalah yang ada, proses pengumpulan data, proses pengkompilasian data, proses penganalisaan data, proses penghitungan kebutuhan pengembangan apron, serta proses penghitungan rencana anggaran biaya pengembangan apron.

3.2 Lokasi Studi

Lokasi dilaksanakannya tugas akhir ini adalah di Jl. Abdurrahman Saleh no.1, Kel. Birobuli Utara, Kec. Palu Selatan, Kota Palu, Sulawesi Tengah, 94231.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu



Gambar 3.2 Peta Pulau Sulawesi



Gambar 3.3 Peta Provinsi Sulawesi Tengah



Gambar 3.4 Peta Kota Palu



Gambar 3.5 Rancangan Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu

3.3 Klasifikasi Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu (Tahun 2015)

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM. 6 Tahun 2008 Tentang Kriteria Klasifikasi Organisasi Unit Pelaksana Teknis Bandar Udara, penilaian kriteria klasifikasi suatu bandar udara berdasarkan komponen substantif dan komponen penunjang. Untuk penilaian klasifikasi organisasi Unit Pelaksana Teknis Bandar Udara Kelas I, harus memperoleh nilai lebih dari 76,49. Adapun klasifikasi Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu adalah sebagai berikut:

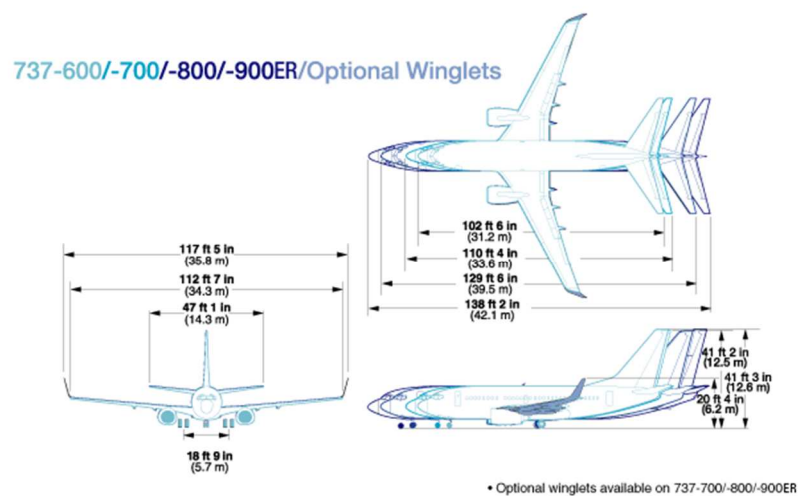
Nama	: Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu
Klasifikasi Bandara	: Kelas 1 (satu)

Lokasi	: 0° 05' 3,24" LS – 119° 54' 25,56" BT
Elevasi	: 86,00 mdpl (282,15 ft dpl)
Kode ICAO/IATA	: WAML/PLW
Jam Operasi	: 07.00 – 20.00 WITA
Jarak dari Kota	: 7,00 km
Kategori	: Bandar Udara Domestik
Pesawat yang beroperasi	: B. 737-800, B. 737-900
Maskapai yang beroperasi	: Express Air, Garuda Indonesia, Lion Air, Batik Air, Sriwijaya Air, Susi Air, Trigana Air Service, dan Wings Air
Pengelola	: Unit Penyelenggara Bandar Udara
Landasan Pacu	: 2.500 m x 45 m
Apron	: #1 (373 m x 78 m) #2 (260 m x 79 m)

3.4 Karakteristik Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis

Al-Jufri Palu

A. Boeing 737-800 NG



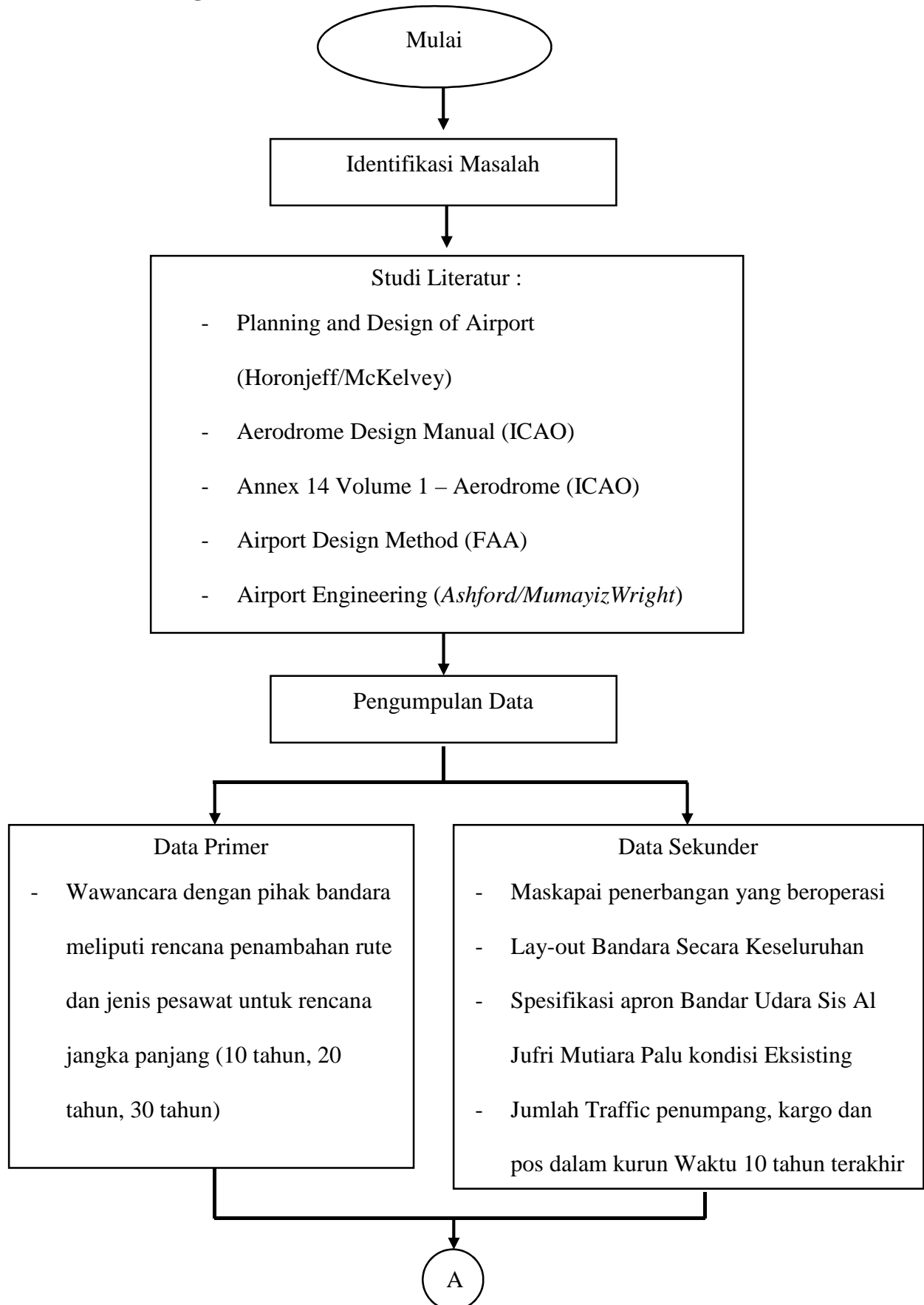
Gambar 3.6 Karakteristik Pesawat B 737-800 NG

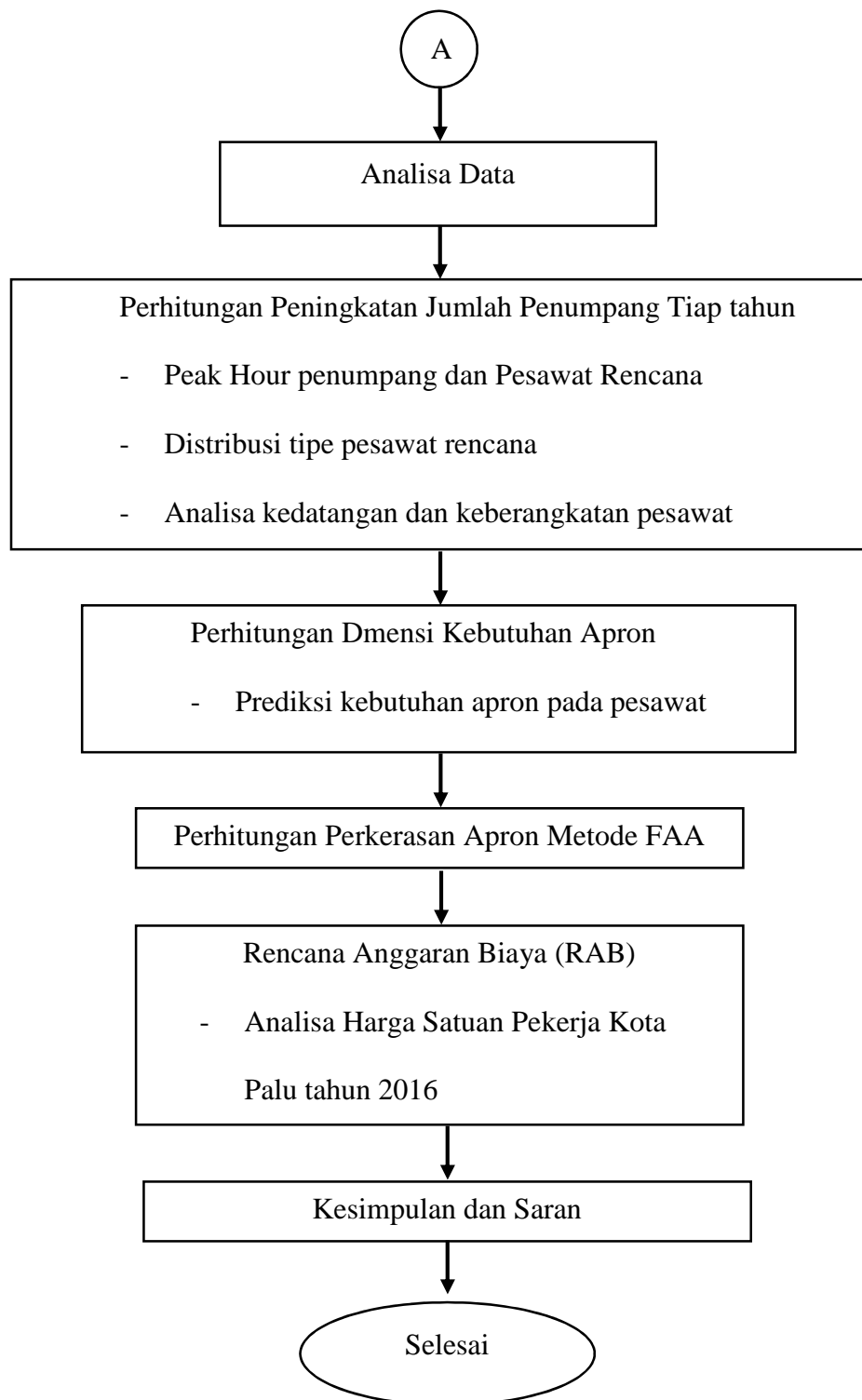
B. Boeing 737-900 ER



Gambar 3.7 Karakteristik Pesawat B 737-900 ER

3.5 Diagram Alir





Gambar 3.8 Diagram Alir

3.6 Metodologi

1. Tahap Mulai

Ini adalah tahap awal untuk perencanaan suatu permasalahan. Sehingga akan dapat ditemukan solusi penyelesaian untuk masalah tersebut.

2. Tahap Identifikasi

Identifikasi masalah adalah peninjauan pada pokok masalah untuk menentukan sejauh mana pembahasan masalah tersebut dilakukan. Identifikasi masalah ini dilakukan setelah didapatkan gambaran umum atas kondisi di lapangan sebenarnya. Pada tahap ini, akan dihasilkan banyak permasalahan yang melatar belakangi perencanaan pengembangan apron bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.

Berdasarkan studi pustaka yang telah ditentukan sebelumnya, dalam proposal skripsi ini penyusun akan menampilkan beberapa permasalahan sekaligus mencoba memberikan alternatif penyelesaian sesuai dengan batasan masalah yang telah ditentukan.

3. Tahap Studi Literatur

Dalam tahapan ini terdapat beberapa sumber dari berbagai literature yang akan digunakan untuk perencanaan pengembangan apron bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.

4. Tahap Pengumpulan Data

a. Data Primer

Untuk mendapatkan data primer, dilakukan survey secara langsung di area apron bandara. Survey meliputi jumlah pemakaian

parking stand dan lama parkir pesawat. Selain itu, survey ini diperlukan juga untuk melihat secara langsung konsep apron eksisting, posisi parkir pesawat, serta kondisi kegiatan operasional harian apron itu sendiri.

Untuk kegiatan survey ini sendiri, membutuhkan dua surveyor yang bertindak merekam dan mendokumentasikan kegiatan yang terjadi di apron selama satu hari penuh.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari beberapa instansi terkait yaitu **Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika Kota Palu** dan **Unit Penyelenggara Banda Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu**. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Maskapai penerbangan yang beroperasi.
2. *Lay-out* apron serta bandara secara keseluruhan.
3. Spesifikasi apron bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu kondisi eksisting.
4. Jumlah *traffic*, penumpang, cargo, dan pos dalam kurun waktu 10 tahun terakhir.
5. Jadwal penerbangan bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.
6. Jumlah pemakaian *parking stand*.
7. Lama waktu *aircraft turn around*.
8. Data pergerakan pesawat.

9. Data *master plan* perencanaan pengembangan bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.
10. Daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kota Palu tahun 2016.

5. Tahap Analisa Data

Dalam tahapan ini akan diuraikan cara atau metode yang digunakan dalam perencanaan pengembangan apron. Data-data yang telah dikumpulkan akan dianalisa untuk merencanakan pengembangan apron sesuai dengan kebutuhan bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.

6. Tahap Perhitungan Peningkatan Jumlah Penumpang

Dari data penumpang pergerakan pesawat selama 30 tahun yang telah didapat sebelumnya, dilakukan analisa dengan metode linier. Metode ini dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara tahun dengan jumlah pergerakan pesawat per tahun. Pola dari kenaikan garis tersebut akan diterapkan pada pola pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat yang akan dilayani untuk 30 tahun ke depan sehingga didapatkan perkiraan jumlah penumpang per tahun dalam kurun waktu 30 tahun ke depan. Hasil ini nantinya akan dibandingkan dengan kapasitas apron per tahunnya saat ini.

7. Perhitungan Dimensi Kebutuhan Apron

Dalam perhitungan dimensi kebutuhan apron diperlukan perhitungan jumlah pesawat parkir dan dimensi *gate position* (volume keberangkatan dan kedatangan pada kondisi *peak hours*, waktu pemakain/parkir di *gate* (jam), faktor pemakaian *gate* 0,6 – 0,8 dan jarak bebas antar pesawat di apron), konsep apron eksisting adalah *simple*

concept, sistem parkir pesawat eksisting adalah *nose-in* dan pergerakan pesawat *in/out*.

8. Tahap Perhitungan Perkerasan Apron Metode FAA

Perkerasan apron menggunakan metode rigid pavement dari FAA dengan cara menentukan jenis pesawat rencana, menentukan beban roda pendaratan utama pesawat, menentukan nilai ekivalen keberangkatan tahunan pesawat rencana, dan menentukan tebal perkerasan total.

9. Tahap Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dimulai dari penjadwalan kerja, kemudian ditentukan volume pekerjaan. Setelah itu akan dilakukan perhitungan dengan mengacu pada standar Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) kota Palu tahun 2015.

10. Kesimpulan dan Saran

Dari semua tahapan yang telah dilalui maka akan didapatkan kesimpulan untuk pengembangan apron bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu serta saran yang diperlukan.

11. Selesai

Setelah semua tahapan selesai dilakukan, maka rencana pengembangan apron telah selesai.

BAB IV

ANALISA JUMLAH PENUMPANG DAN PEGERAKAN PESAWAT

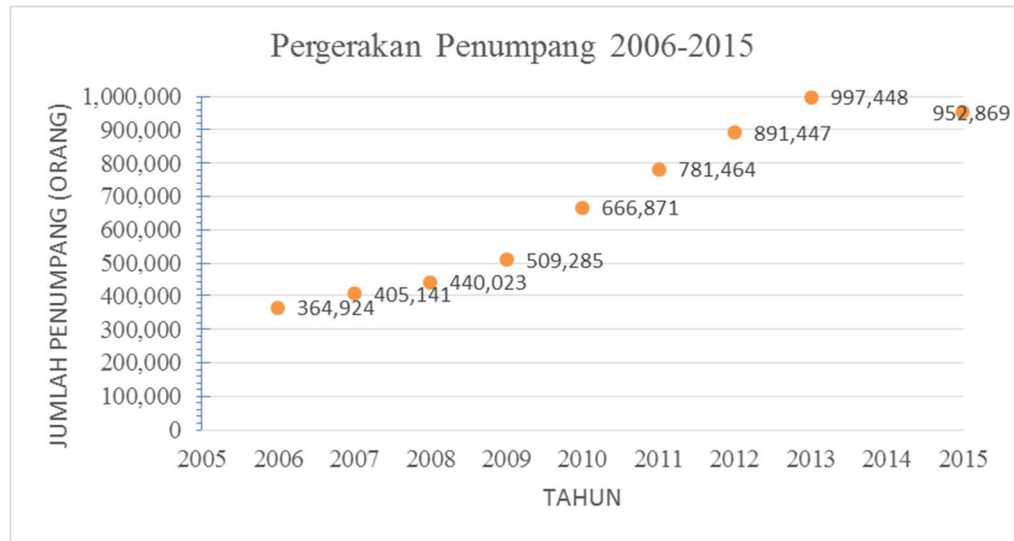
4.1 Perhitungan Lalu Lintas Pesawat

Lalu lintas pesaawat dihitung berdasarkan pada data awal jumlah penumpang dan pergerakan pesawat yang telah diperoleh dari tahun 2006 sampai tahun 2015 seperti yang terlihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

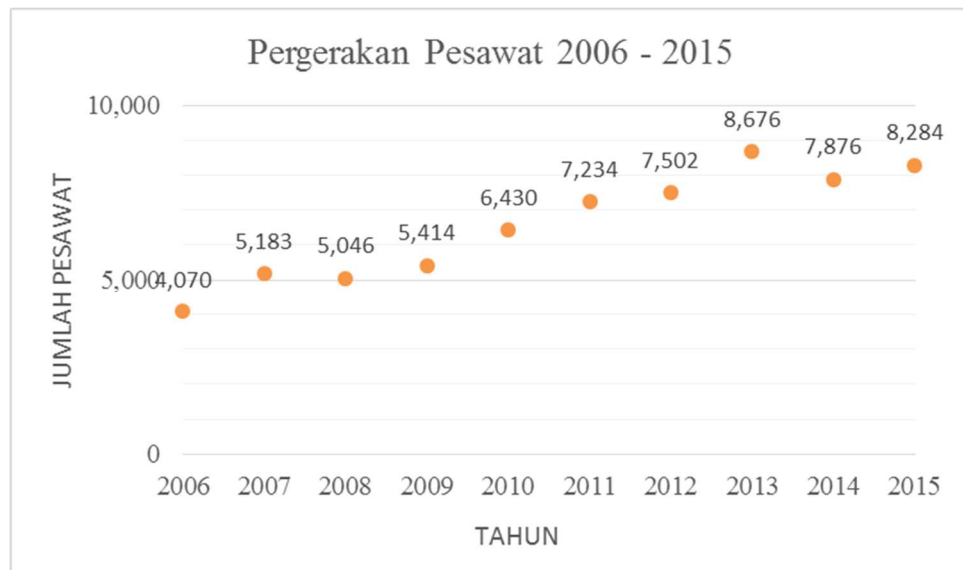
Tabel 4.1 : Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat antara Tahun 2006 – 2015

Tahun	Pesawat	Penumpang
2006	4,070	364,924
2007	5,183	405,141
2008	5,046	440,023
2009	5,414	509,285
2010	6,430	666,871
2011	7,234	781,464
2012	7,502	891,447
2013	8,676	997,448
2014	7,876	1,006,794
2015	8,284	952,869

Sumber: Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu



Gambar 4.1 : Grafik Jumlah Penumpang Tahun 2006 – 2015



Gambar 4.2 : Grafik Jumlah Pesawat Tahun 2006 - 2015

4.2 Perhitungan Prediksi Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat

Dalam perhitungan prediksi jumlah penumpang dan pergerakan pesawat, menggunakan perhitungan regresi linear.

Contoh perhitungan regresi linier untuk jumlah penumpang adalah sebagai berikut:

$$x_i = 2006$$

$$y_i = 364,924$$

$$x_i^2 = 4024036$$

$$y_i^2 = 133,169,525,776$$

$$\begin{aligned} x_i \cdot y_i &= 2006 \times 364,924 \\ &= 732037544 \end{aligned}$$

$$n = 10 \text{ (jumlah variabel yang dihitung)}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \\ &= \frac{(7,016,266)(40421185) - (20105)(14112978433)}{(404211850) - (20105)^2} \\ &= -164,418,667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \\ &= \frac{(10 \cdot 14112978433) - (20105 \cdot 7,016,266)}{(10 \cdot 40421185) - (20105)^2} \\ &= 82128.97 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh persamaan:

$$\begin{aligned} y &= a + bx \\ &= -164,418,667 + 82129x \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan regresi linier untuk jumlah pergerakan pesawat adalah sebagai berikut:

Untuk data antara tahun 2006 – 2015:

$$x_i = 2006$$

$$y_i = 4,070$$

$$x_i^2 = 4024036$$

$$y_i^2 = 16,564,900$$

$$x_i \cdot y_i = 2006 \times 4,070$$

$$= 8164420$$

$$n = 10 \text{ (jumlah variabel yang dihitung)}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \\ &= \frac{(65,715)(40421185) - (20105)(132161005)}{(10 \cdot 40421185) - (20105)^2} \\ &= -992,525.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \\ &= \frac{(10 \cdot 132161005) - (20105 \cdot 65,715)}{(10 \cdot 40421185) - (20105)^2} \\ &= 496.94 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh persamaan:

$$\begin{aligned} y &= a + bx \\ &= -992,525.2 + 497x \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis regresi linier selengkapnya bisa dilihat pada tabel

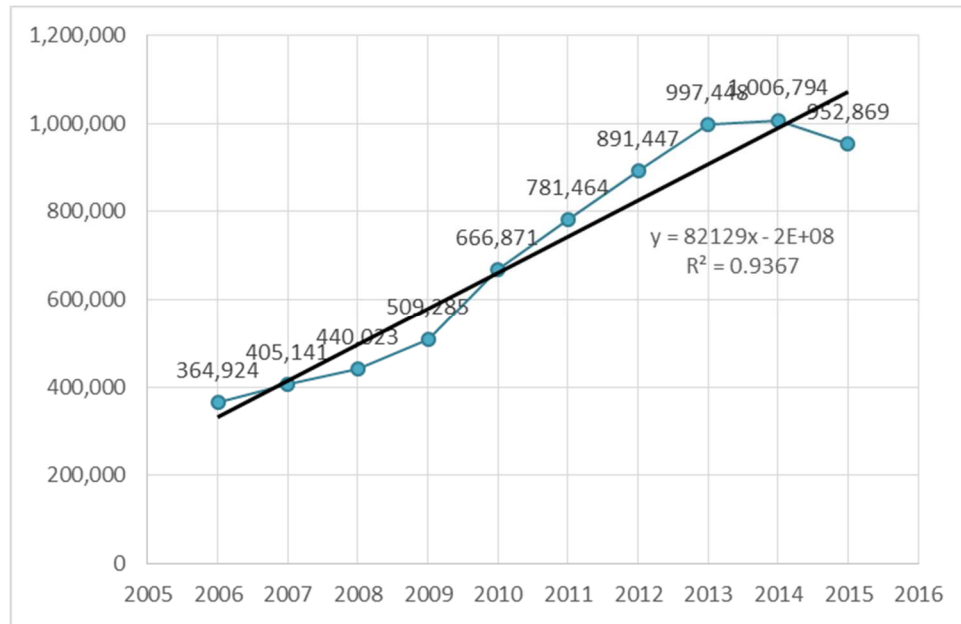
4.2 dan 4.3

Tabel 4.2 : Perhitungan Analisis Regresi untuk Jumlah Penumpang

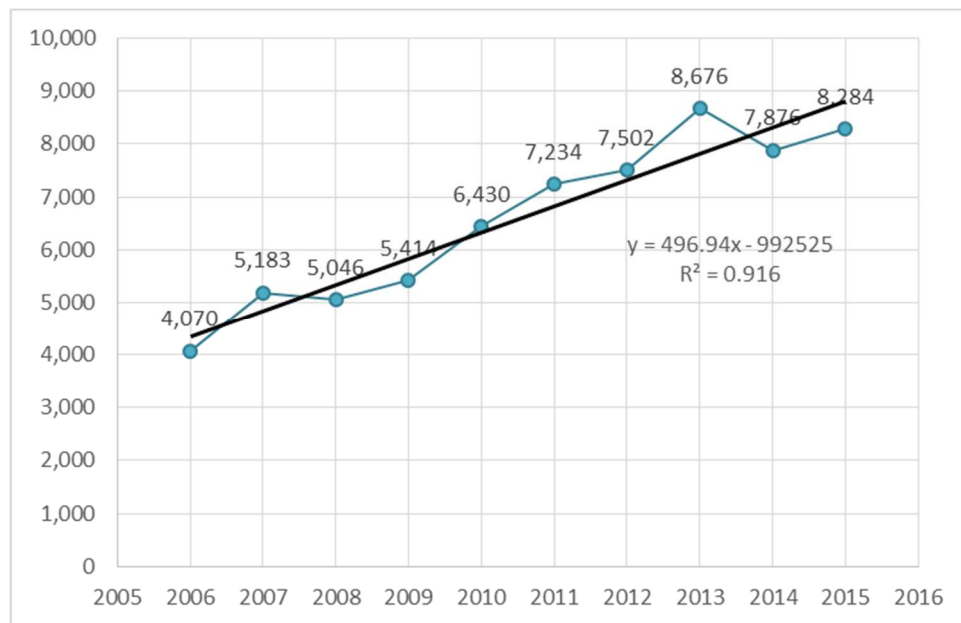
No	Tahun (x)	Jumlah Penumpang (y)	x^2	y^2	xy
1	2006	364,924	4024036	133,169,525,776	732037544
2	2007	405,141	4028049	164,139,229,881	813117987
3	2008	440,023	4032064	193,620,240,529	883566184
4	2009	509,285	4036081	259,371,211,225	1023153565
5	2010	666,871	4040100	444,716,930,641	1340410710
6	2011	781,464	4044121	610,685,983,296	1571524104
7	2012	891,447	4048144	794,677,753,809	1793591364
8	2013	997,448	4052169	994,902,512,704	2007862824
9	2014	1,006,794	4056196	1,013,634,158,436	2027683116
10	2015	952,869	4060225	907,959,331,161	1920031035
Total Σ	20105	7,016,266	40421185	5,516,876,877,458	14112978433

Tabel 4.3 : Perhitungan Analisis Regresi untuk Jumlah Pergerakan Pesawat

No	Tahun (x)	Jumlah Pesawat (y)	x^2	y^2	xy
1	2006	4,070	4024036	16,564,900	8164420
2	2007	5,183	4028049	26,863,489	10402281
3	2008	5,046	4032064	25,462,116	10132368
4	2009	5,414	4036081	29,311,396	10876726
5	2010	6,430	4040100	41,344,900	12924300
6	2011	7,234	4044121	52,330,756	14547574
7	2012	7,502	4048144	56,280,004	15094024
8	2013	8,676	4052169	75,272,976	17464788
9	2014	7,876	4056196	62,031,376	15862264
10	2015	8,284	4060225	68,624,656	16692260
Total Σ	20105	65,715	40421185	454,086,569	132161005



Gambar 4.3 Grafik Pergerakan Penumpang Tahun 2006 - 2015



Gambar 4.4 : Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2006 – 2015

Kemudian dihitung koefisien relasi (r) dengan rumusan sebagai berikut:

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Contoh Perhitungan nilai r untuk pergerakan penumpang :

1. Tahun 2006-2015

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{10 \times 14112978433 - 20105 \cdot 7,016,266}{\sqrt{\{10 \times 40421185 - (20105)^2\} \{5,516,876,877,458 - (7,016,266)^2\}}}$$

$$r = 0.9678 \text{ sehingga } r^2 = 0.9367$$

Dari rumus di atas diperoleh nilai koefisien korelasi (r) pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 : Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk Jumlah Penumpang

TAHUN	PERSAMAAN	r ²
2006 - 2015	-164,418,667 + 82129x	0.9367

Contoh Perhitungan nilai r untuk pergerakan pesawat :

1. Tahun 2006-2015

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{10 \times 132161005 - 20105 \cdot 65715}{\sqrt{\{10 \times 40421185 - (20105)^2\} \{454086569 - (65715)^2\}}}$$

$$r = 0.957 \text{ sehingga } r^2 = 0.916$$

Tabel 4.5 : Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk Jumlah Pergerakan

Pesawat

TAHUN	PERSAMAAN	r ²
2006 - 2015	-992,525.2 + 497x	0.916

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa besarnya nilai r lebih besar dari 0,6 ($r > 0,6$). Sehingga hubungan antara kedua variabel x dan y baik dan persamaan (1) dan (2) bisa digunakan untuk mencari besarnya jumlah penumpang maupun jumlah pergerakan pesawat pada 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang seperti yang terlihat pada tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 : Jumlah Penumpang pada 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang

PERSAMAAN	NILAI X	JUMLAH PENUMPANG TAHUN 2045
$-164,418,667 + 82129x$	2025	1,892,558
$-164,418,667 + 82129x$	2035	2,713,848
$-164,418,667 + 82129x$	2045	3,535,138

Tabel 4.7 : Jumlah Pergerakan Pesawat pada 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang

PERSAMAAN	NILAI X	JUMLAH PERGERAKAN PESAWAT TAHUN 2045
$-992,525.2 + 497x$	2025	13899.8
$-992,525.2 + 497x$	2035	18869.8
$-992,525.2 + 497x$	2045	23,839.8

4.3 Prediksi Pesawat dan Penumpang

Dari hasil perhitungan di atas, maka di dapatkan prediksi jumlah penumpang dan pergerakan pesawat untuk 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun yang akan datang, yaitu:

A. Pesawat

Untuk hasil prediksi pergerakan pesawat dari hasil regresi linier adalah sebagai berikut:

$$y = -992,525.2 + 497x$$

Dimana:

y = jumlah pergerakan pesawat

x = tahun rencana

Contoh perhitungan:

$$x = 2025$$

$$\begin{aligned} y &= -992,525.2 + 497x \\ &= -992,525.2 + 497 (2025) \\ &= 13899.8 \text{ pergerakan} \end{aligned}$$

Selain menghitung jumlah pergerakan, di hitung juga jumlah *annual departure* dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$(i) = \frac{(y_2 - y_1)}{y_i} \times 100 \%$$

Dimana:

i = kenaikan pergerakan pesawat

y₁ = jumlah pergerakan pesawat tahun sebelum

y₂ = jumlah pergerakan pesawat tahun yang direncanakan

$$\begin{aligned}
 (i) &= \frac{(y_2 - y_1)}{y_i} \times 100 \% \\
 &= \frac{(13899.8 - 13402.8)}{13402.8} \times 100\% \\
 &= 3.74\%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, maka akan di tabelkan pada tabel 4.8, 4.9 dan 4.10.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Tahun

2025

No	Tahun	Jumlah Pesawat (y)	I (%)
1	2016	9,305	12.32
2	2017	9,802	5.34
3	2018	10,299	5.07
4	2019	10,795	4.83
5	2020	11,292	4.60
6	2021	11,789	4.40
7	2022	12,286	4.22
8	2023	12,783	4.04
9	2024	13,280	3.89
10	2025	13,777	3.74

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Tahun

2035

No	Tahun	Jumlah Pesawat (y)	I (%)
1	2026	14,274	3.61
2	2027	14,771	3.48
3	2028	15,268	3.36
4	2029	15,765	3.25
5	2030	16,262	3.15
6	2031	16,759	3.06
7	2032	17,256	2.97
8	2033	17,753	2.88
9	2034	18,250	2.80
10	2035	18,747	2.72

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Tahun

2045

No	Tahun	Jumlah Pesawat (y)	I (%)
1	2036	19,243	2.65
2	2037	19,740	2.58
3	2038	20,237	2.52
4	2039	20,734	2.46
5	2040	21,231	2.40
6	2041	21,728	2.34
7	2042	22,225	2.29
8	2043	22,722	2.24
9	2044	23,219	2.19
10	2045	23,716	2.14

(Sumber: Hasil Perhitungan)

B. Penumpang

Untuk menghitung pergerakan jumlah penumpang, diberikan perlakuan yang sama dengan cara seperti menghitung pergerakan

pesawat. Adapun persamaan pergerakan jumlah penumpang persamaan regresi linier adalah sebagai berikut:

$$y = -164,418,667 + 82129x$$

Dimana :

y = Jumlah Penumpang

x = Tahun rencana

Contoh perhitungan :

$$x = 2025$$

$$\begin{aligned} y &= -164,418,667 + 82129x \\ &= -164,418,667 + 82129 (2025) \\ &= 1,892,558 \text{ penumpang} \end{aligned}$$

Selain menghitung jumlah penumpang, di hitung juga jumlah *annual departure* dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$(i) = \frac{(y_2 - y_1)}{y_i} \times 100 \%$$

Dimana:

i = Kenaikan Jumlah Penumpang

y₁ = jumlah pergerakan penumpang tahun sebelum

y₂ = jumlah pergerakan penumpang tahun yang direncanakan

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} (i) &= \frac{(y_2 - y_1)}{y_i} \times 100 \% \\ &= \frac{(1,892,497 - 1,810,368)}{1,810,368} \times 100 \% \\ &= 4.54 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, maka akan di tabelkan pada tabel 4.11, 4.12 dan 4.13.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang

Tahun 2025

No	Tahun	Jumlah Penumpang (y)	I (%)
1	2016	1,153,336	21.04
2	2017	1,235,465	7.12
3	2018	1,317,594	6.65
4	2019	1,399,723	6.23
5	2020	1,481,852	5.87
6	2021	1,563,981	5.54
7	2022	1,646,110	5.25
8	2023	1,728,239	4.99
9	2024	1,810,368	4.75
10	2025	1,892,497	4.54

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang

Tahun 2035

No	Tahun	Jumlah Penumpang (y)	I (%)
1	2026	1,974,626	4.34
2	2027	2,056,755	4.16
3	2028	2,138,884	3.99
4	2029	2,221,013	3.84
5	2030	2,303,142	3.70
6	2031	2,385,270	3.57
7	2032	2,467,399	3.44
8	2033	2,549,528	3.33
9	2034	2,631,657	3.22
10	2035	2,713,786	3.12

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang

Tahun 2045

No	Tahun	Jumlah Penumpang (y)	I (%)
1	2036	2,795,915	3.03
2	2037	2,878,044	2.94
3	2038	2,960,173	2.85
4	2039	3,042,302	2.77
5	2040	3,124,431	2.70
6	2041	3,206,560	2.63
7	2042	3,288,689	2.56
8	2043	3,370,818	2.50
9	2044	3,452,947	2.44
10	2045	3,535,076	2.38

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4 Forecast Annual Departure Pesawat

Setelah mendapatkan perhitungan prediksi jumlah pergerakan pesawat, maka selanjutnya menghitung persentase peningkatan dari masing-masing tipe pesawat yang digunakan dari tahun 2006 hingga tahun 2015 didapatkan seperti pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Persentase Total Tahunan Masing-masing Jenis Pesawat

No	Jenis Pesawat	% Terhadap Jumlah Total Tahunan
1	DHC-6	15.70
2	ATR 72-200	16.80
3	B737-500	8.20
4	B737-800NG	27.40
5	B737-900ER	31.90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Contoh perhitungan jumlah pergerakan pesawat jenis Boeing 737-900:

1. Ramalan 10 tahun (Tahun 2025)

$$\begin{aligned}
 &= \text{total ramalan tahun 2025} \times \% \text{ jumlah tahunan} \\
 &= 13899.8 \times 31.90 \% \\
 &= 4434
 \end{aligned}$$

2. Ramalan 20 tahun (Tahun 2035)

$$\begin{aligned}
 &= \text{total ramalan tahun 2035} \times \% \text{ jumlah tahunan} \\
 &= 18869.8 \times 31.90 \% \\
 &= 6019
 \end{aligned}$$

3. Ramalan 30 tahun (Tahun 2045)

$$\begin{aligned}
 &= \text{total ramalan tahun 2045} \times \% \text{ jumlah tahunan} \\
 &= 23,839.8 \times 31.90 \% \\
 &= 7605
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan dari setiap pesawat dapat dilihat pada tabel 4.15, tabel 4.16 dan tabel 4.17.

Tabel 4.15 Forecast Annual Departure Masing-masing Jenis Pesawat

Tahun 2025

No	Jenis Pesawat	% Terhadap Jumlah Total Tahunan	Jumlah Pergerakan (2025)	Forecast Annual Departure
1	DHC-6	15.70	13899.8	2182.27
2	ATR 72-200	16.80	13899.8	2335.17
3	B737-500	8.20	13899.8	1139.78
4	B737-800NG	27.40	13899.8	3808.55
5	B737-900ER	31.90	13899.8	4434.04

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.16 Forecast Annual Departure Masing-masing Jenis Pesawat

Tahun 2035

No	Jenis Pesawat	% Terhadap Jumlah Total Tahunan	Jumlah Pergerakan (2035)	Forecast Annual Departure
1	DHC-6	15.70	18869.8	2962.56
2	ATR 72-200	16.80	18869.8	3170.13
3	B737-500	8.20	18869.8	1547.32
4	B737-800NG	27.40	18869.8	5170.33
5	B737-900ER	31.90	18869.8	6019.47

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.17 Forecast Annual Departure Masing-masing Jenis Pesawat

Tahun 2045

No	Jenis Pesawat	% Terhadap Jumlah Total Tahunan	Jumlah Pergerakan (2035)	Forecast Annual Departure
1	DHC-6	15.70	23839.8	3742.85
2	ATR 72-200	16.80	23839.8	4005.09
3	B737-500	8.20	23839.8	1954.86
4	B737-800NG	27.40	23839.8	6532.11
5	B737-900ER	31.90	23839.8	7604.89

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.5 Perhitungan Jam Puncak Rencana

Perhitungan jam puncak rencana untuk tahun 2045 didasarkan pada data sebagai berikut:

Tabel 4.18 : Besarnya Jumlah Penumpang Terbanyak Setiap Tahun

NO	TAHUN	BULAN	JUMLAH
1	2006	Desember	34850
2	2007	Juni	37070
3	2008	Juni	41186
4	2009	Januari	48637
5	2010	Juli	65353
6	2011	Juli	73458
7	2012	Desember	85133
8	2013	Januari	91266
9	2014	Juni	98464
10	2015	September	92905

Sumber : Unit Pelaksana Teknis Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu

Tabel 4.19 : Besarnya Jumlah Pergerakan Pesawat Terbanyak Setiap Tahun

NO	TAHUN	BULAN	JUMLAH
1	2006	Desember	385
2	2007	Juni	482
3	2008	Juni	491
4	2009	Januari	508
5	2010	Juli	586
6	2011	Juli	706
7	2012	Desember	701
8	2013	Januari	820
9	2014	Juni	735
10	2015	September	795

Sumber : Unit Pelaksana Teknis Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu

Untuk data secara detail hanya sampai tahun 2015, karena pada saat ini pihak UPT Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu belum mengeluarkan buku laporan tahunan untuk tahun 2016.

Dan data tersebut dicari persentase terbesar tiap-tiap tahun berdasarkan rumusan berikut:

$$\% \text{ bulan puncak} = \frac{\text{Jumlah terbanyak tiap bulan}}{\text{Jumlah total pada tahun yang bersangkutan}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

Prosentase pada tahun 2006:

➤ Jumlah Penumpang

$$\begin{aligned} \% \text{ bulan puncak} &= \frac{34850}{364924} \times 100\% \\ &= 9.55 \% \end{aligned}$$

➤ Jumlah Pergerakan Pesawat

$$\begin{aligned} \% \text{ bulan puncak} &= \frac{385}{4070} \times 100\% \\ &= 9.45 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk mencari prosentase tersebut diperlihatkan pada tabel 4.20 dan tabel 4.21.

Prosentase ini dijadikan sebagai pengali untuk tahun rencana yang akan datang.

Tabel 4.20 : Besarnya Persentase Jumlah Penumpang Per Bulan terhadap Jumlah Total Per Tahun

NO	TAHUN	BULAN	JUMLAH	PROSENTASE TERHADAP JUMLAH TOTAL PER TAHUN
1	2006	Desember	34850	9.55
2	2007	Juni	37070	9.15
3	2008	Juni	41186	9.36
4	2009	Januari	48637	9.55
5	2010	Juli	65353	9.80
6	2011	Juli	73458	9.40
7	2012	Desember	85133	9.55
8	2013	Januari	91266	9.15
9	2014	Juni	98464	9.78
10	2015	September	92905	9.75

Dari data di atas, jumlah prosentase terbesar pada bulan Juni 2014 yaitu sebesar 9,78 % atau sebesar 0,0978.

Diketahui jumlah penumpang yang diramalkan untuk 10 tahun, 20 tahun dan 30 tahun adalah sebagai berikut:

1. Untuk Jangka 10 tahun (2025)

$$1892497 \times 0.0978 = 185087 \text{ penumpang}$$

2. Untuk Jangka 20 tahun (2035)

$$2713786 \times 0.0978 = 265409 \text{ penumpang}$$

3. Untuk Jangka 30 tahun (2045)

$$3535076 \times 0.0978 = 345731 \text{ penumpang}$$

Sehingga untuk jumlah penumpang per hari pada tahun 2025, tahun 2035 dan tahun 2045 diprediksi sebagai berikut:

1. Untuk Jangka 10 tahun (2025)

$$\frac{185087}{31} = 5971 \text{ Penumpang /hari}$$

2. Untuk Jangka 20 tahun (2035)

$$\frac{265409}{31} = 8562 \text{ Penumpang /hari}$$

3. Untuk Jangka 30 tahun (2045)

$$\frac{345731}{31} = 11153 \text{ Penumpang /hari}$$

Sedangkan untuk jam puncak tergantung pada persentase jam puncak pada jam-jam sibuk Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri. Proentase tersebut

kemudian dikalikan dengan jumlah hari puncak rencana, hasil dari perkalian tersebut adalah jam puncak rencana untuk tahun 2045.

Tabel 4.21 : Besarnya Prosentase Jumlah Pergerakan Pesawat Per Bulan terhadap Jumlah Total Per Tahun

NO	TAHUN	BULAN	JUMLAH	PROSENTASE TERHADAP JUMLAH TOTAL PER TAHUN
1	2006	Desember	385	9.45
2	2007	Juni	482	9.30
3	2008	Juni	491	9.74
4	2009	Januari	508	9.38
5	2010	Juli	586	9.12
6	2011	Juli	706	9.76
7	2012	Desember	701	9.35
8	2013	Januari	820	9.45
9	2014	Juni	735	9.33
10	2015	September	795	9.60

Dari data di atas, jumlah prosentase terbesar pada bulan Juni 2014 yaitu sebesar 9,76 % atau sebesar 0,0976.

Diketahui jumlah pergerakan pesawat yang diramalkan untuk tahun 2045 sebanyak 23839.8 pergerakan, sehingga pada bulan Juli 2045 jumlah penumpang diramalkan sebanyak:

1. Untuk Jangka 10 tahun (2025)

$$13899.8 \times 0.0976 = 1357 \text{ pergerakan.}$$

2. Untuk Jangka 20 tahun (2035)

$$18869.8 \times 0.0976 = 1842 \text{ pergerakan.}$$

3. Untuk Jangka 30 tahun (2045)

$$23839.8 \times 0.0976 = 2327 \text{ pergerakan.}$$

Sehingga untuk jumlah pergerakan per hari pada tahun 2045 diprediksi sebagai berikut:

1. Untuk Jangka 10 tahun (2025)

$$\frac{1357}{31} = 44 \text{ Pergerakan /hari}$$

2. Untuk Jangka 20 tahun (2035)

$$\frac{1842}{31} = 60 \text{ Pergerakan /hari}$$

3. Untuk Jangka 30 tahun (2045)

$$\frac{2327}{31} = 76 \text{ Pergerakan /hari}$$

Sedangkan untuk jam puncak tergantung pada prosentase jam puncak pada jam-jam sibuk Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri. Proentase tersebut kemudian dikalikan dengan jumlah hari puncak rencana, hasil dari perkalian tersebut adalah jam puncak rencana untuk tahun 2045.

Berdasarkan data jam puncak atau jam-jam sibuk yang diperoleh dari Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri pada tahun 2015 untuk jumlah penumpang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ jam sibuk} &= \frac{\text{Jumlah jam sibuk selama satu hari}}{24} \times 100\% \\ &= \frac{4}{24} \times 100\% \\ &= 16.67 \% \end{aligned}$$

Dari data di atas, bisa diramalkan jumlah pergerakan penumpang untuk jangka waktu 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun adalah seperti yang perhitungan di bawah ini:

1. Jangka waktu 10 tahun (Tahun 2025)

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 5971 \times 0.1667 \\ &= 996 \text{ penumpang/4jam.} \\ &= 249 \text{ penumpang/jam.}\end{aligned}$$

2. Jangka waktu 20 tahun (Tahun 2035)

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 8562 \times 0.1667 \\ &= 1428 \text{ penumpang/4jam.} \\ &= 357 \text{ penumpang/jam.}\end{aligned}$$

3. Jangka waktu 30 tahun (Tahun 2045)

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 11153 \times 0.1667 \\ &= 1860 \text{ penumpang/4jam.} \\ &= 465 \text{ penumpang/jam.}\end{aligned}$$

Untuk data jam puncak atau jam-jam sibuk yang diperoleh dari Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri pada tahun 2015 untuk jumlah pergerakan pesawat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ jam sibuk} &= \frac{\text{Jumlah jam sibuk selama satu hari}}{24} \times 100\% \\ &= \frac{4}{24} \times 100\% \\ &= 16.67 \%\end{aligned}$$

Dari data di atas, bisa diramalkan jumlah pergerakan pesawat untuk jangka waktu 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun adalah seperti yang perhitungan di bawah ini:

1. Jangka waktu 10 tahun

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 44 \times 0.1667 \\ &= 8 \text{ pergerakan/4jam.} \\ &= 2 \text{ pergerakan/jam.}\end{aligned}$$

2. Jangka waktu 20 tahun

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 60 \times 0.1667 \\ &= 11 \text{ pergerakan/4jam.} \\ &= 3 \text{ pergerakan/jam.}\end{aligned}$$

3. Jangka waktu 30 tahun

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 76 \times 0.1667 \\ &= 13 \text{ pergerakan/4jam.} \\ &= 4 \text{ pergerakan/jam.}\end{aligned}$$

4.6 Penentuan Masa Operasional Pesawat

Sebuah pesawat yang beroperasi memiliki suatu masa operasional yang mana bila masa masa operasional suatu pesawat telah habis harus di ganti dengan pesawat yang baru. Hal ini juga berdasarkan dari Peraturan Menteri Perhubungan PM 7 tahun 2016 pasal 3 ayat 1 tentang pesawat kategori transport masa beroperasinya maksimal adalah 30 tahun.

Dengan berdasarkan peraturan tersebut, maka berikut adalah daftar umur pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.

Tabel 4.22 Umur Pesawat yang Beroperasi di bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Pabrikan	Tahun Beroperasi	Umur Pesawat (Tahun)
1	DHC-6	De Havilland Canada	1980	36
2	ATR 72-200	ATR	2012	4
3	B737-500	Boeing	1995	11
4	B737-800NG	Boeing	2012	4
5	B737-900ER	Boeing	2012	4

(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia)

Tabel 4.23 Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu Tahun 2025

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Tahun Beroperasi	Tahun Operasional (PM No. 7 Tahun 2016)									
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	DHC-6	1980	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	ATR 72-200	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
3	B737-500	1995	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
4	B737-800NG	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
5	B737-900ER	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.24 Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara

Mutiara Sis Al-Jufri Palu Tahun 2035

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Tahun Beroperasi	Tahun Operasional (PM No. 7 Tahun 2016)									
			2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1	DHC-6	1980	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	ATR 72-200	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
3	B737-500	1995	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	B737-800NG	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
5	B737-900ER	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.25 Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di Bandar Udara

Mutiara Sis Al-Jufri Palu Tahun 2045

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Tahun Beroperasi	Tahun Operasional (PM No. 7 Tahun 2016)									
			2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
1	DHC-6	1980	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	ATR 72-200	2012	v	v	v	v	v	v	v	–	–	–
3	B737-500	1995	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	B737-800NG	2012	v	v	v	v	v	v	v	–	–	–
5	B737-900ER	2012	v	v	v	v	v	v	v	–	–	–

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Keterangan :

- = Pesawat tidak layak beroperasi

v = Pesawat masih layak beroperasi

Berdasarkan Tabel 4.23 didapatkan ada 1 jenis pesawat yang sudah semestinya tidak beroperasi lagi pada jangka pendek 10 tahun (2025) pada Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu. Sedangkan Tabel 4.24 ada 2 jenis

pesawat yang sudah tidak dapat beroperasi pada jangka menengah 20 tahun (2045). Lalu pada tabel 4.25 untuk jangka panjang 30 tahun (2045) ada 2 pesawat yang tidak dapat beroperasi dan 3 pesawat yang tidak dapat lagi beroperasi 3 tahun sebelum masa rencana berakhir. Tidak dapat beroperasinya pesawat tersebut dikarenakan masa operasional yang diijinkan sesuai regulasi atau peraturan yang berlaku di Indonesia telah melewati batas yang diijinkan.

Sehingga dibutuhkan pesawat pengganti yang akan beroperasi menggantikan pesawat-pesawat yang telah habis masa operasionalnya. Berikut ini tabel pesawat-pesawat yang akan menggantikan beberapa jenis pesawat yang masa operasionalnya telah berakhir sesuai dengan umur perencanaan.

Tabel 4.26 Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara
Mutiara Sis Al-Jufri Palu tahun 2025

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Tahun Beroperasi	Tahun Operasional (PM No. 7 Tahun 2016)										Keterangan
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
1	N 219	2006	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti DHC-6
2	ATR 72-200	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–
3	B737-500	1995	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–
4	B737-800NG	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–
5	B737-900ER	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–

Tabel 4.27 Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara

Mutiara Sis Al-Jufri Palu tahun 2035

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Tahun Beroperasi	Tahun Operasional (PM No. 7 Tahun 2016)										Keterangan
			2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	N 219	2016	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti DHC-6
2	ATR 72-200	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–
3	A320-200	2015	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti B737-500
4	B737-800NG	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–
5	B737-900ER	2012	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	–

Tabel 4.28 Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara

Mutiara Sis Al-Jufri Palu tahun 2045

No	Jenis Pesawat yang Beroperasi	Tahun Beroperasi	Tahun Operasional (PM No. 7 Tahun 2016)										Keterangan
			2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	
1	N 219	2016	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti DHC-6
2	ATR 72-600	2015	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti ATR 72-200
3	A320-200	2015	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti B737-500
4	B737-8	2025	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti B737-800NG
5	B737-9	2025	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	Pengganti B737-900ER

BAB V

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN PADA APRON

5.1 Penentuan Pesawat Rencana

Dalam merencanakan pengembangan Bandar Udara perlu diperhatikan beberapa faktor seperti umur pesawat, perkembangan teknologi, kondisi bandara serta maskapai yang beroperasi. Saat ini di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu pesawat terbesar yang beroperasi yaitu jenis Boeing 737-800 dan Boeing 737-900 dimana kedua jenis pesawat ini telah berumur ± 4 tahun. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan PM 7 Tahun 2016 tentang pembatasan umur pesawat atau masa operasi pesawat. Sehingga pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Mutiara Sis Al-jufri Palu telah memasuki batas tersebut. Sehingga dalam kurun waktu 10, 20, dan 30 tahun mendatang akan terjadi peremajaan armada dari tiap-tiap maskapai.

Melihat kondisi diatas maka dibutuhkan jenis pesawat yang paling mungkin dioperasikan untuk mengganti dua tipe pesawat tersebut. Dibawah ini merupakan tabel perbandingan pesawat yang beroperasi dan pesawat rencana yang akan dioperasikan di bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu antara lain :

Tabel 5.1 Tabel Karakteristik dan Spesifikasi Pesawat

Jenis Pesawat	Boeing 737-800NG	Boeing 737-900ER	Boeing 737-8	Boeing 737-9	Airbus A320-200
Buatan	Boeing Company	Boeing Company	Boeing Company	Boeing Company	Airbus Industry
Tahun	2012	2012	2025	2025	2015
Panjang Badan (m)	39.5	42.1	39.12	42.11	37.57
Bentang Sayap (m)	35.79	35.79	35.92	35.92	34.1
Tinggi (m)	12.56	12.6	12.42	12.4	11.76
MTOW (kg)	79016	85200	82191	88314	78000
Kapasitas (orang)	2 kelas = 160 orang 1 kelas = 184 orang	2 kelas = 177 orang 1 kelas = 215 orang	2 kelas = 162 orang 1 kelas = 189 orang	2 kelas = 180 orang 1 kelas = 204 orang	2 kelas = 150 orang 1 kelas = 180 orang

Sumber: Airbus Industry & Boeing Company, Airport Planning and Aircraft Characteristics

Berdasarkan perbandingan spesifikasi pesawat pada tabel 5.1 maka dipilih jenis pesawat rencana yaitu Boeing 737-900 ER. Dipilihnya jenis pesawat ini dikarenakan pesawat ini merupakan pesawat keluaran terbaru dan memiliki teknologi terbaru serta memiliki kapasitas yang besar sehingga dapat mengatasi prediksi pergerakan penumpang hingga 30 tahun kedepan (2045). Selain itu, jenis pesawat ini dioperasikan oleh maskapai-maskapai di Indonesia seperti Lion Air, Garuda Indonesia, Citilink, Air Asia, Sriwijaya Air, Batik Air. Sehingga diharapkan adanya rute-rute dari dan menuju ke Palu oleh maskapai-maskapai tersebut.

5.2 Perencanaan Geometrik Apron

Sebelum melakukan perhitungan apron, pesawat yang ada harus terlebih dahulu dikelompokkan berdasarkan ukuran bentang sayap. Standar pengkelompokkan ini berdasarkan ketentuan ICAO seperti tabel yang dijabarkan dalam tabel 5.2.

Tabel 5.2 Klasifikasi Pesawat ICAO

Kelas	Bentang Sayap (ft)	Contoh Pesawat
I	< 15	Semua pesawat single engine, jet bisnis
II	15 - 24	Pesawat komuter, Jet bisnis besar
III	24 - 36	Boeing 727, Boeing 737, MD-80, Airbus A-320
IV	36-52	Boeing 757, Boeing 767, Airbus A-300
B V	52-65	Boeing 747, Boeing 777, MD 11, Airbus A-340

(Sumber: ICAO/2009)

Berdasarkan tabel di atas, maka pesawat yang beroperasi pada Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu dapat dikelompokkan seperti pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kelompok Pesawat yang Beroperasi pada Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu

Kelompok	Jenis Pesawat	Bentang Sayap (m)	Panjang Badan (m)
II $15 \text{ m} < L \leq 24 \text{ m}$	DHC-6	19.8	15.8
III $24 \text{ m} < L \leq 36 \text{ m}$	ATR 72-200	27	27
	B737-500	28.9	31
	B737-900ER	34.3	42.1
	B737-800NG	35.8	39.5

(Sumber: Advisory Circular (AC) 150/5300 : Airport Design, FAA)

Diperoleh jumlah untuk tiap-tiap kelompok pesawat sebagai berikut:

Kelompok II = 1 pesawat.

Kelompok III = 4 pesawat.

Total = 1 + 4 = 5 pesawat.

Sehingga persentasenya menjadi:

$$\begin{aligned}
 \text{Kelompok II} &= \frac{1}{5} \times 100 \% \\
 &= 20 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kelompok III} &= \frac{4}{5} \times 100 \% \\ &= 80 \%\end{aligned}$$

Dari perhitungan jam puncak rencana, diperoleh jumlah pergerakan untuk tahun rencana adalah 4 pergerakan/jam. Jadi pada tahun 2045 diperhitungkan jumlah pergerakan untuk masing-masing kelompok pesawat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kelompok II} &= 20 \% \times 4 \\ &= 0.8 = 1 \text{ Pergerakan/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kelompok III} &= 80 \% \times 4 \\ &= 3.2 = 4 \text{ Pergerakan/jam}\end{aligned}$$

Perhitungan di atas dengan asumsi bahwa persentase tersebut besarnya sama untuk tahun rencana yang akan datang.

Waktu yang dibutuhkan pesawat mendiami suatu pintu apron tergantung ukuran pesawat dan tipe operasi, yaitu merupakan penerbangan terusan atau penerbangan pulang pergi, sehingga membutuhkan pelayanan yang lengkap, baik itu untuk mengisi bahan bakar, membersihkan pesawat, menaikkan bagasi dan berbagai aktifitas pesawat lainnya di apron. Untuk itu dibutuhkan waktu untuk menggunakan pintu antara 40 – 60 menit.

Faktor penggunaan pintu berkisar antara 0,6 – 0,8 karena pintu hubungannya digunakan untuk seluruh perusahaan penerbangan yang beroperasi pada bandara. Volume kedatangan dan volume keberangkatan dianggap sama. Sehingga rasio kedatangan terhadap pergerakan total adalah 0,5 atau 50%.

Untuk menghitung jumlah pintu apron yang dibutuhkan di loading apron menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$G = \frac{C \cdot T}{U}$$

Dimana:

G = jumlah pintu.

C = volume rencana kedatangan atau keberangkatan masing-masing pesawat.

T = waktu pemakaian apron.

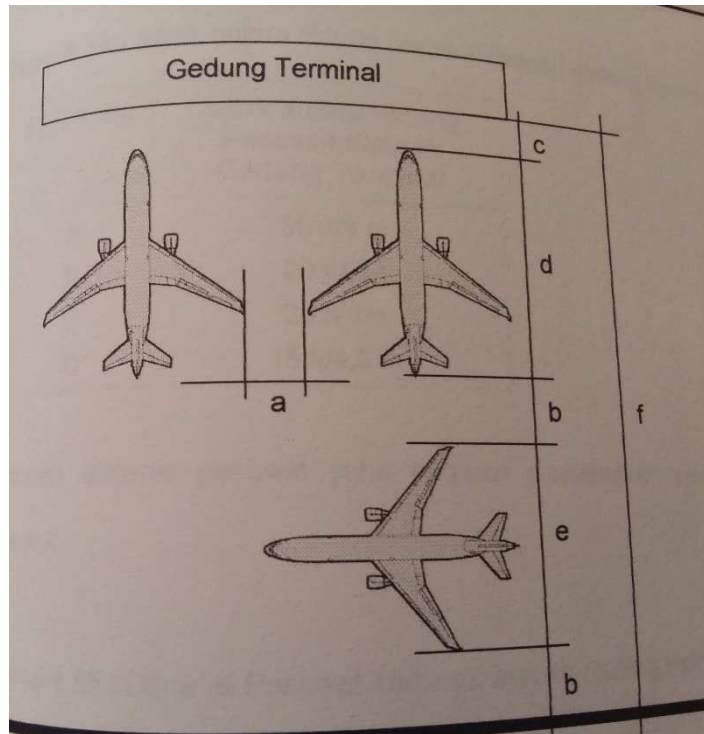
U = faktor pemakaian pintu
= 0,5 – 0,8

Dalam menghitung nilai faktor pemakaian pintu (U) diambil 0,8 maka jumlah pintu apron bisa dilihat pada perhitungan di bawah ini:

$$\begin{aligned} G_{II} &= 0.5 \times \frac{60}{60} \times \frac{1}{0.8} \\ &= 0.625 \approx 1 \text{ pintu.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{III} &= 0.5 \times \frac{60}{60} \times \frac{4}{0.8} \\ &= 2.5 \approx 3 \text{ pintu.} \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dimensi apron berdasarkan dimensi pesawat yang terbesar untuk masing-masing kelompok.



Gambar 5.1 Ukuran Denah Apron

(Sumber: FAA Advisory Circular AC No. 150/5360 – 13, *Planning And Design Guidelines For Airport Facilities*, halaman 44).

Keterangan:

- a = Jarak ujung sayap diantara dua pesawat
= 20' – 25' (6 – 7.5 m)
- b = Jarak ujung sayap pesawat yang sedang melakukan taxi dan pesawat yang diparkir atau dengan obyek lain.
- c = Jarak antara hidung pesawat dengan gedung terminal (lihat tabel 5.4)
- d = Panjang badan pesawat
- e = Jarak antara ujung sayap dengan ujung sayap (lebar pesawat).
- f = Lebar total apron yang dibutuhkan.

Tabel 5.4 Jarak antara Hidung Pesawat dengan Gedung Terminal

Tipe Pintu	Jarak antara Hidung Pesawat dengan Gedung Terminal
A	30 ft/9 m
B	20 ft/6 m
C	20 ft/6 m
D	15 ft/4.5 m

(Sumber: FAA Advisory Circular AC No. 150/5360 – 13, *Planning And Design Guidelines For Airport Facilities*, halaman 44).

Ukuran dimensi pesawat yang terbesar diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 5.5 Dimensi Pesawat Terbesar Masing-masing Kelompok

Kelompok	Bentang Sayap (m)	Panjang Badan (m)
I	11	9
II	19.8	15.8
III	35.8	42.1
IV	40.4	29.8

Diambil jarak antara gedung pesawat dengan gedung terminal sejauh 9 m sehingga perhitungan dimensi apron adalah sebagai berikut:

a = 7.5 meter.

b = 13.5 meter.

c = 9 meter.

1. Kelompok II :

$$L = e = 19.8 \text{ meter.}$$

$$d = 15.8 \text{ meter.}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= c + d + 2b + e \\ &= 9 + 15.8 + (2 \times 13.5) + 19.8 \\ &= 71.6 \text{ meter.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= a + L \\ &= (1 \times 7.5) + 19.8 \\ &= 27.3 \text{ meter.} \end{aligned}$$

2. Kelompok III :

$$L = e = 35.8 \text{ meter.}$$

$$d = 42.1 \text{ meter.}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= c + d + 2b + e \\ &= 9 + 42.1 + (2 \times 13.5) + 35.8 \\ &= 113.9 \text{ meter.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 3a + 4L \\ &= (3 \times 7.5) + (4 \times 35.8) \\ &= 165.7 \text{ meter.} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Total} = 27.3 + 165.7 = 193 \text{ meter} \approx 195 \text{ meter}$$

Panjang yang diambil panjang maksimum dari kelompok pesawat yaitu = 113.9 meter \approx 114 meter. Sehingga didapatkan dimensi panjang 114 meter dan lebar 195 meter atau seluas 22230 meter². Dimana kondisi eksisting saat ini seluas 20150 m² sehingga dibutuhkan perluasan 2080 m².

Untuk perencanaan jumlah pintu apron sesuai dengan kondisi di lapangan, pintu apron yang bisa digunakan adalah 4 pintu.

Sedangkan untuk waktu penggunaan apron dapat direncanakan sesuai jam sibuk bandara. Jam sibuk bandara yaitu pada jam 06.00 wita sampai jam 12.00 wita. Dengan pengaturan jadwal kedatangan dan keberangkatan pesawat, maka bisa diketahui jumlah pesawat parkir terbanyak pada apron dan jumlah tersebut di jadikan acuan untuk perencanaan luas apron yang dibutuhkan.

Untuk rencana jadwal kedatangan dan keberangkatan pesawat pada tahun 2045 dapat ditunjukkan pada tabel yang tertera di lampiran.

5.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dengan

Metode FAA

Untuk menghitung perkerasan pada apron Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu akan dibagi menjadi 3 tahap, yaitu jangka pendek 10 tahun (tahun 2025), jangka menengah 20 tahun (2035) dan jangka panjang 30 tahun (2045).

Sebelum menghitung tebal lapisan perkerasan, lebih dahulu dihitung ESWL (*Equivalent Single Wheel Load*) pesawat yang akan datang dan pergi dengan persamaan :

$$ESWL = \frac{0.95 \times MTOW}{n_r}$$

Dimana :

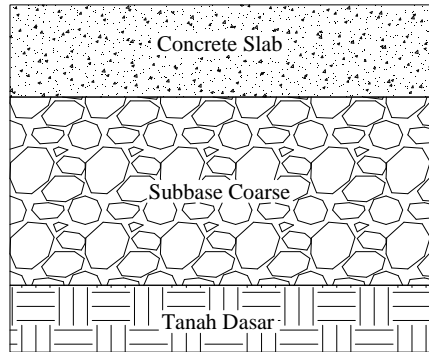
MTOW = Berat Takeoff Maksimum.

0.95 = Merupakan konstanta karena 95 % beban dipikul oleh

roda pendaratan utama.

n_r = Jumlah roda pendaratan utama.

Susunan tebal perkerasan yang akan dihitung adalah sebagai berikut :



Gambar 5.2 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

Tabel 5.6 Perhitungan ESWL Jangka Pendek 10 Tahun (2025)

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	ESWL (lbs)
1	N 219	16,000	2	7,600.00
2	ATR 72-200	47,399	4	11,257.26
3	B 737-500	133,500	4	31,706.25
4	B 737-800NG	174,200	4	41,372.50
5	B 737-900ER	187,700	4	44,578.75
			Σ	136,514.76

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.7 Perhitungan ESWL Jangka Menengah 20 Tahun (2035)

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	ESWL (lbs)
1	N 219	16,000	2	7,600.00
2	ATR 72-200	47,399	4	11,257.26
3	A320-200	172,000	4	40,850.00
4	B 737-800NG	174,200	4	41,372.50
5	B 737-900ER	187,700	4	44,578.75
			Σ	145,658.51

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.8 Perhitungan ESWL Jangka Panjang 30 Tahun (2045)

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	ESWL (lbs)
1	N 219	16,000	2	7,600.00
2	ATR 72-600	50,705	4	12,042.44
3	A 320-200	172,200	4	40,897.50
4	B 737-8	181,200	4	43,035.00
5	B 737-9	194,700	4	46,241.25
			Σ	149,816.19

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Sebelum menghitung perkerasan kaku terlebih dahulu diketahui nilai-nilai sebagai berikut :

- a. Subgrade K (Rencana) = 300 pci
- b. Concrete Flextural Strength = 600 psi
- c. Tebal subbase rencana = 5 inci (minimal 4 inci)

5.4 Perencanaan Tebal Perkerasan

Pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari lapisan *surface* berupa slab beton, *subbase*, dan *base coarse*. Seperti perkerasan lentur (*flexible pavement*) tujuan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah untuk menghasilkan permukaan yang rata, mencegah infiltrasi air dan memberikan perkuatan tanah pada saat menerima beban pesawat. Sedangkan pada bagian *subbase* memberikan perkuatan struktur bagi slab beton. Tebal minimum lapisan *subbase* adalah 4 inci.

Sebelum memulai perhitungan terlebih dahulu menentukan jenis pesawat rencana. Untuk menentukan pesawat rencana dicari jenis pesawat

yang paling sering melakukan aktifitas (*landing* dan *takeoff*) di Bandara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.

Pada lalu lintas pesawat, struktur perkerasan harus mampu melayani berbagai jenis pesawat, yang mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda-beda dan bervariasi beratnya. Pengaruh dari beban yang diakibatkan oleh semua jenis model lalu-lintas itu harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat-pesawat campuran tadi, sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan ini berguna untuk mengetahui total keberangkatan keseluruhan dari berbagai macam pesawat yang telah dikonversikan kedalam pesawat rencana. Pesawat rencana merupakan pesawat yang bebannya menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar, pesawat rencana tidak selalu yang terberat.

5.4.1 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jangka Pendek 10 Tahun (2025)

Tabel 5.9 Perhitungan *Forecast Annual Departure* dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jenis Roda	% Terhadap Jumlah Total Tahunan	Forecast Annual Departure	Tebal Slab Beton (in)
1	N 219	16,000	SW	15.70	2182	6.8
2	ATR 72-200	47,399	DW	16.80	2335	7.9
3	B737-500	133,500	DW	8.20	1140	12.5
4	B737-800NG	174,200	DW	27.40	3809	16.3
5	B737-900ER	187,700	DW	31.90	4434	16.9

Catatan :

- a) MTOW : *Maksimum TakeOff Weight*
- b) SW : *Single Wheel*

- c) DW : *Dual Wheel*
- d) Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan grafik FAA (lampiran).
- e) *Forecast Departure* berdasarkan ramalan pada tahun perencanaan yaitu untuk 10 tahun.

Dari tabel 5.7 dipilih pesawat jenis Boeing 737-900 karena membutuhkan tebal lapisan paling besar.

- a. Menentukan *Equivalen Annual Departures* (EAD), pesawat rencana dengan rumus :

$$\log R_1 = \log R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{0.5}$$

Dimana :

W_1 = Beban satu roda pendaratan pesawat rencana (lbs)/ ESWL Boeing 737-900 ER (Tabel 5.4 Perhitungan ESWL).

W_1 = 44578.75 lbs

W_2 = Beban Satu Roda Pendaratan tiap pesawat yang dilayani.

Contoh perhitungan :

Boeing 737-900

$$\begin{aligned} W_2 &= 0.95 \times \frac{MTOW}{Main Gear} \\ &= 0.95 \times \frac{187700}{4} \\ &= 44578.75 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan W_2 pesawat yang dilayani dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut ini :

Tabel 5.10 Perhitungan W_2 Pesawat yang dilayani

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	W_2
1	N 219	16,000	2	7,600.00
2	ATR 72-200	47,399	4	11,257.26
3	B 737-500	133,500	4	31,706.25
4	B 737-800NG	174,200	4	41,372.50
5	B 737-900ER	187,700	4	44,578.75
			Σ	136,514.76

R_2 = *Annual Departure* jenis pesawat yang dilayani. Dihitung dengan faktor konversi terhadap roda pendaratan dari pesawat rencana menggunakan tabel konversi tipe roda pesawat. Faktor konversi roda pendaratan *Single wheel* ke *Dual Wheel* sebesar 0.8 dan *Dual Wheel* ke *Dual Wheel* sebesar 1.

Tabel 5.11 Konversi Tipe Roda Pesawat

Konversi dari	Ke	Faktor pengali
Single wheel	Dual wheel	0,8
Single Wheel	Dual tandem	0,5
Dual wheel	Dual tandem	0,6
Double dual tandem	Dual tandem	1,00
Dual tandem	Single wheel	2,00
Dual tandem	Dual wheel	1,70
Dual wheel	Single wheel	1,30
Double dual tandem	Dual wheel	1,70

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang,

Alumni . Bandung. 1990)

Hasil perhitungan konversi roda pendaratan dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut :

Tabel 5.12 Perhitungan R_2 hasil konversi roda pendaratan pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Konfigurasi Roda	Forecast Departure	Faktor Pengali	R_2
1	N 219	16,000	SW	2182	0.8	1745.60
2	ATR 72-200	47,399	DW	2335	1.0	2335.00
3	B 737-500	133,500	DW	1140	1.0	1140.00
4	B 737-800NG	174,200	DW	3809	1.0	3809.00
5	B 737-900ER	187,700	DW	4434	1.0	4434.00

Tabel 5.13 Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat rencana

No	Jenis Pesawat	R_2	Log R_2	ESWL (W_2)	ESWL Pesawat Rencana (W_1)	Log R_1	R_1
1	N 219	1745.60	3.24	7,600.00	44,578.75	1.34	21.807
2	ATR 72-200	2335.00	3.37	11,257.26	44,578.75	1.69	49.275
3	B 737-500	1140.00	3.06	31,706.25	44,578.75	2.58	378.481
4	B 737-800NG	3809.00	3.58	41,372.50	44,578.75	3.45	2816.025
5	B 737-900ER	4434.00	3.65	44,578.75	44,578.75	3.65	4434.000
						Total	7699.59

Karena $\Sigma R_1 = 7699.59 < 25,000$ maka tidak perlu dilakukan koreksi terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.11.

Perkerasan apron menggunakan data pesawat rencana yaitu B737-900.

Beban *take off* maksimum (MTOW) = 187700 lb

Beban *nose gear*, yaitu 5 % dari beban *take off* maksimum

Beban *nose gear* = $0.05 \times 187700 = 9385$ lb

Beban *main gear*, yaitu 95 % dari beban *take off* maksimum

Beban *main gear* = $0.95 \times 187700 = 178315$ lb

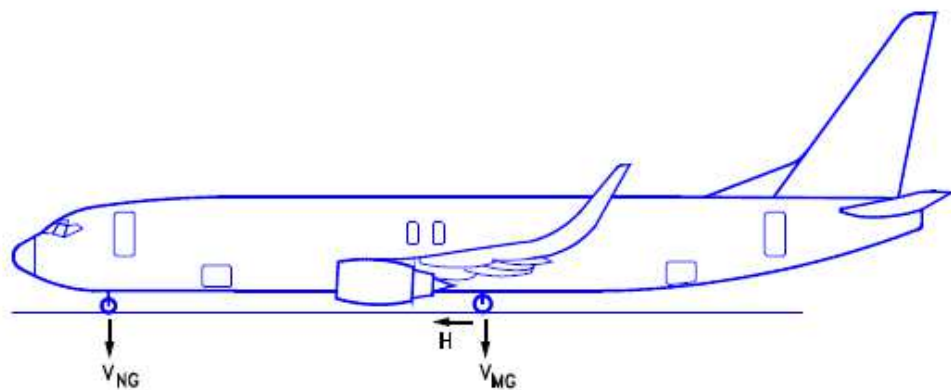
Beban satu *main gear*, didapat dari beban yang diterima *main gear* dibagi dengan jumlah *main gear* pesawat. Terdapat 4 *main gear* pada pesawat

B737. Gambar 5.3 adalah konfigurasi roda B737 dan Gambar 5.4 adalah pembagian beban yang diterima oleh pesawat B737.

$$\text{Beban satu main gear} = \frac{178315}{4} = 44578.75 \text{ lb}$$

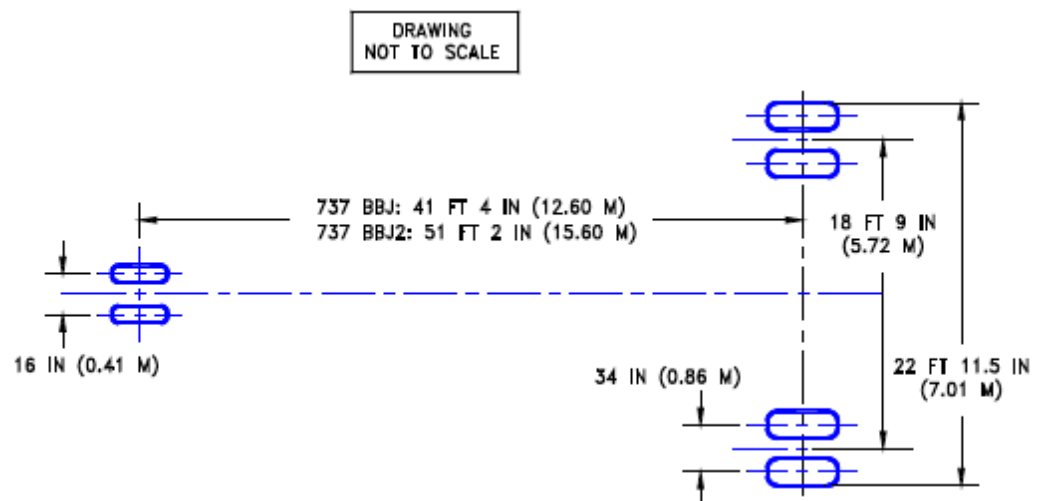
Tekanan roda pada main gear = 204 psi

$$\text{Kontak area (A)} = \frac{44578.75}{204} = 218.5 \text{ in}^2$$



Gambar 5.3 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-900

(Sumber: Boeing Company *Airplane Characteristics For Airport Planning*)



Gambar 5.4 Pembagian Roda Pesawat Boeing 737-900

(Sumber: Boeing Company *Airplane Characteristics For Airport Planning*)

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan besar nilai *Annual Departure* yaitu 7699.59 dengan pesawat rencana Boeing 737-900. Maka karakteristik pesawat Boeing 737-900 digunakan sebagai dasar perhitungan tebal perkerasan.

Pesawat Boeing 737-900 memiliki berat pesawat 187700 lb, sehingga harus menggunakan *subbase* yang terstabilisasi dengan jenis campuran yang dapat digunakan adalah :

- a. Item P-304 : *cement treated base coarse*
- b. Item P-306 : *econonocreated subbase course*
- c. Item P-401 : *Plant mix bituminous pavements*

(Sumber : *Advisory Circular AC 150/5320-6e, Airport Pavements Design and Evaluation*)

Pada perencanaan ini digunakan jenis campuran Item P-304. Data perencanaan *rigid pavement* adalah sebagai berikut :

MTOW Boeing 737-900 = 187700 lb

Subgrade K (rencana) = 300 pci

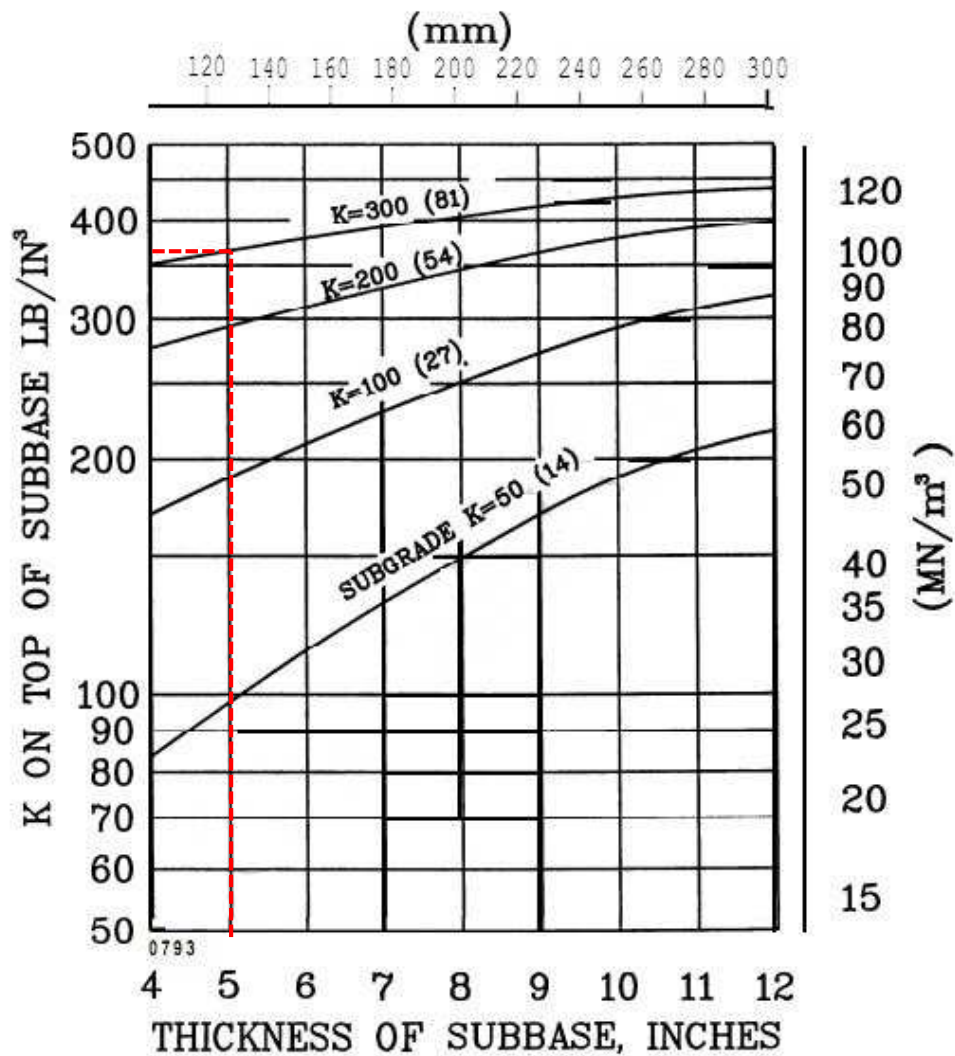
Concrete Flexural Strength = 600 psi

Tebal *subbase* (rencana) = 5 inci (minimal 4 inci)

Langkah pengerjaan

1) Mendapatkan nilai K On Top of Subbase (lb/in)³

Memplotkan besar tebal lapisan *subbase* rencana (5 inchi) pada Gambar 5.5 , ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu dengan nilai K=300. Titik pertemuannya ditarik garis horizontal ke kiri sehingga mendapatkan nilai K on Top Of Subbase sebesar 365 lb/in³.

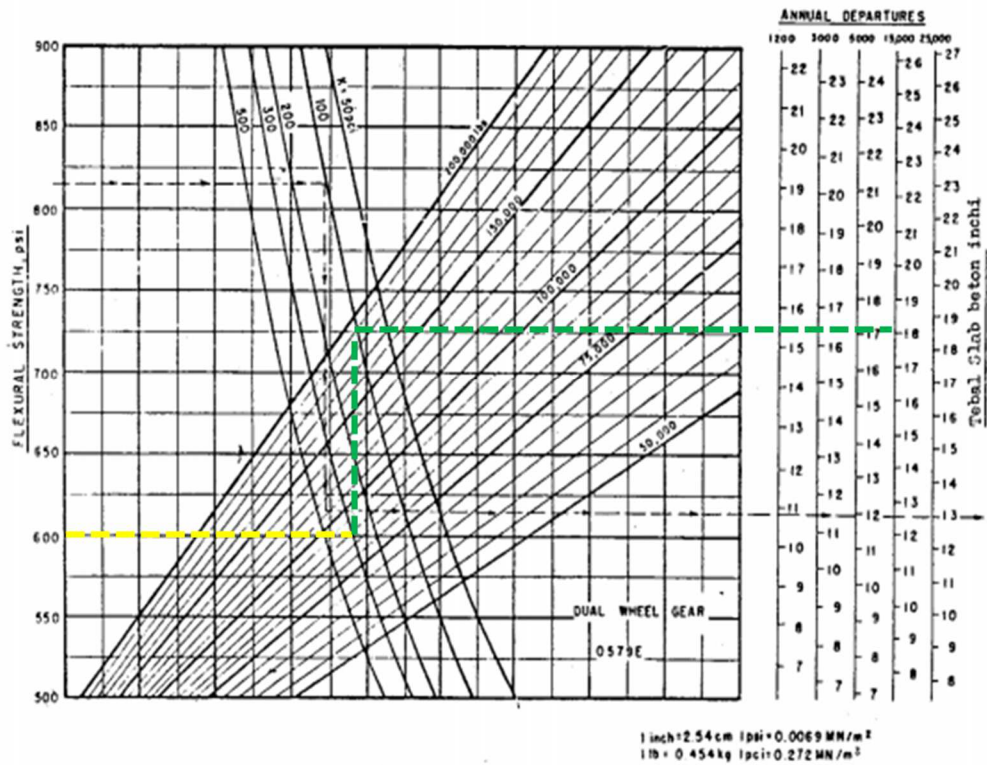


Gambar 5.5 K On Top of Subbase

2) Mencari Tebal Slab Beton

Dengan Gambar 5.6 diplotkan *Concrete Flexural Strength* sebesar 600 psi dan ditarik garis horizontal ke kanan bertemu dengan nilai K=300. Dari titik pertemuan tersebut ditarik garis vertikal ke atas hingga bersentuhan dengan garis *gross weight* (187700 lb). Titik pertemuannya di Tarik garis Horizontal ke kanan untuk mengetahui tebal slab beton berdasarkan *annual departures*. Nilai *annual departures* yang digunakan adalah 7699.59 pergerakan maka, maka

digunakan tebal slab beton dengan asumsi *annual departure* 15000 pergerakan, sehingga tebal slab beton adalah 18.2 inci = 46.2 cm.



Gambar 5.6 Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

Setelah mendapatkan tebal slab beton, dilakukan perhitungan

penulangan perkerasan sebagai berikut :

Direncanakan :

Panjang Slab Beton (L) = 6 meter = 19.68 ft

Jarak *construction joint* = 6 meter

Tebal slab beton (t) = 18.2 inchi = 46.23 cm

Tegangan Tarik ijin (fs) = 3200 kg/cm² = 45515 lb/in²

Tekanan ban = 204 psi.

Tabel 5.14 Jarak *Construction Joint* Longitudinal dan Transversal

Tebal Slab		Joint Spacing (maximum)	
In	mm	ft	m
8.0-10	203-254	12.5	3.8
10.5-13	267-330	15	4.6
13.5-16	343-406	17.5	5.3
>16	>406	20	6.1

5.4.2 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jangka Menengah 20 Tahun (2035)

Tabel 5.15 Perhitungan *Forecast Annual Departure* dan Tebal Lapisan

Perkerasan Kaku yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jenis Roda	% Terhadap Jumlah Total Tahunan	Forecast Annual Departure	Tebal Slab Beton (in)
1	N 219	16,000	SW	15.70	2963	6.8
2	ATR 72-200	47,399	DW	16.80	3170	7.9
3	A320-200	172,000	DW	8.20	1547	15.5
4	B737-800NG	174,200	DW	27.40	5170	16.3
5	B737-900ER	187,700	DW	31.90	6019	17.8

Catatan :

- MTOW : *Maksimum TakeOff Weight*
- SW : *Single Wheel*
- DW : *Dual Wheel*
- Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan grafik FAA (lampiran).

e) *Forecast Departure* berdasarkan ramalan pada tahun perencanaan yaitu untuk 20 tahun.

Dari tabel 5.13 dipilih pesawat jenis Boeing 737-900 karena membutuhkan tebal lapisan paling besar. Dengan cara yang sama seperti pada perhitungan tebal perkerasan jangka menengah 20 tahun, maka didapatkan nilai W_2 , R_2 , dan EAD seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.16 Perhitungan W_2 Pesawat yang dilayani

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	W_2
1	N 219	16,000	2	7,600.00
2	ATR 72-200	47,399	4	11,257.26
3	A320-200	172,000	4	40,850.00
4	B 737-800NG	174,200	4	41,372.50
5	B 737-900ER	187,700	4	44,578.75
			Σ	145,658.51

Tabel 5.17 Perhitungan R_2 hasil konversi roda pendaratan pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Konfigurasi Roda	Forecast Departure	Faktor Pengali	R_2
1	N 219	16,000	SW	2963	0.8	2370.40
2	ATR 72-200	47,399	DW	3170	1.0	3170.00
3	A320-200	172,000	DW	1547	1.0	1547.00
4	B 737-800NG	174,200	DW	5170	1.0	5170.00
5	B 737-900ER	187,700	DW	6019	1.0	6019.00

Tabel 5.18 Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat rencana

No	Jenis Pesawat	R ₂	Log R ₂	ESWL (W ₂)	ESWL Pesawat Rencana (W ₁)	Log R ₁	R ₁
1	N 219	2370.40	3.37	7,600.00	44,578.75	1.39	24.743
2	ATR 72-200	3170.00	3.50	11,257.26	44,578.75	1.76	57.458
3	A320-200	1547.00	3.19	40,850.00	44,578.75	3.05	1130.282
4	B 737-800NG	5170.00	3.71	41,372.50	44,578.75	3.58	3779.686
5	B 737-900ER	6019.00	3.78	44,578.75	44,578.75	3.78	6019.000
						Total	11011.17

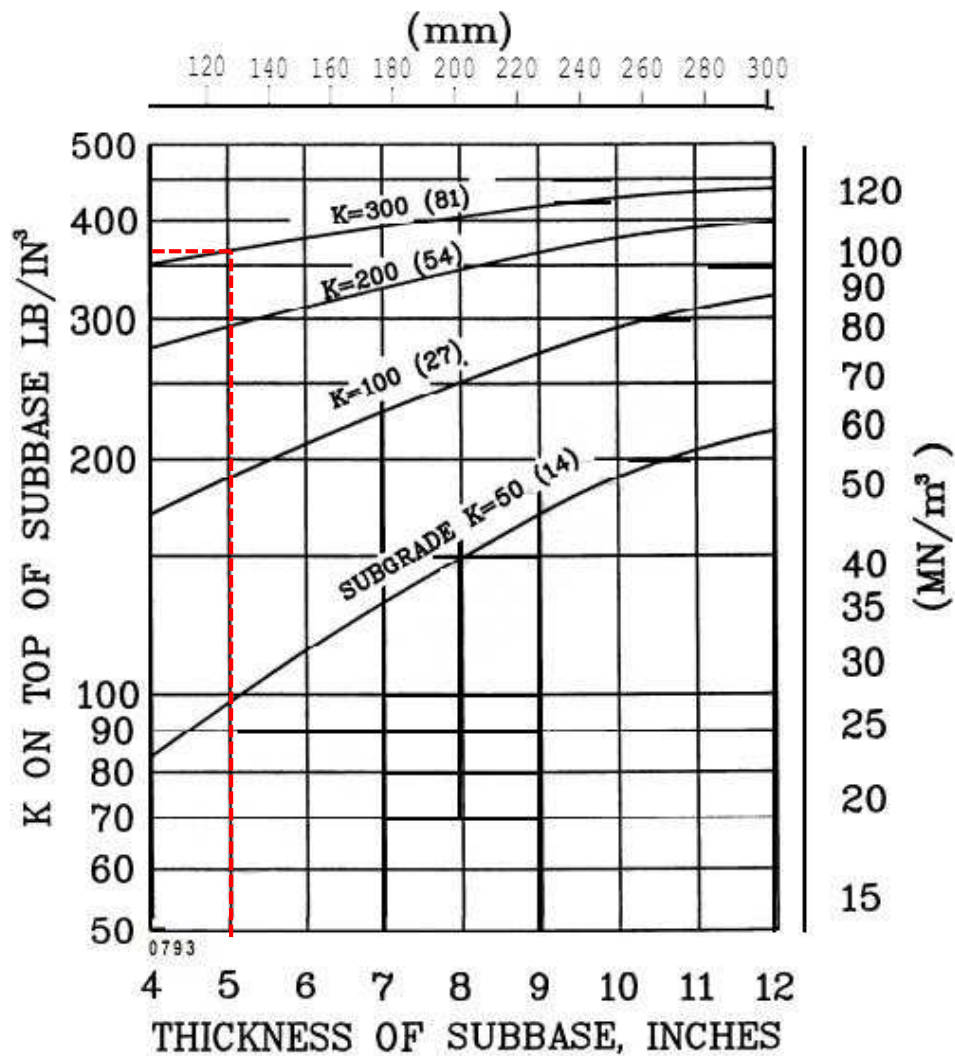
Karena $\Sigma R_1 = 11011.17 < 25,000$ maka tidak perlu dilakukan koreksi

terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.11.

Dengan tahapan yang sama dengan perhitungan perkerasan kaku sebelumnya maka langsung dihitung:

1) Mendapatkan nilai K On Top of Subbase (lb/in)³

Memplotkan besar tebal lapisan *subbase* rencana (5 inchi) pada Gambar 5.5 , ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu dengan nilai K=300. Titik pertemuannya ditarik garis horizontal ke kiri sehingga mendapatkan nilai K on Top Of Subbase sebesar 365 lb/in³.

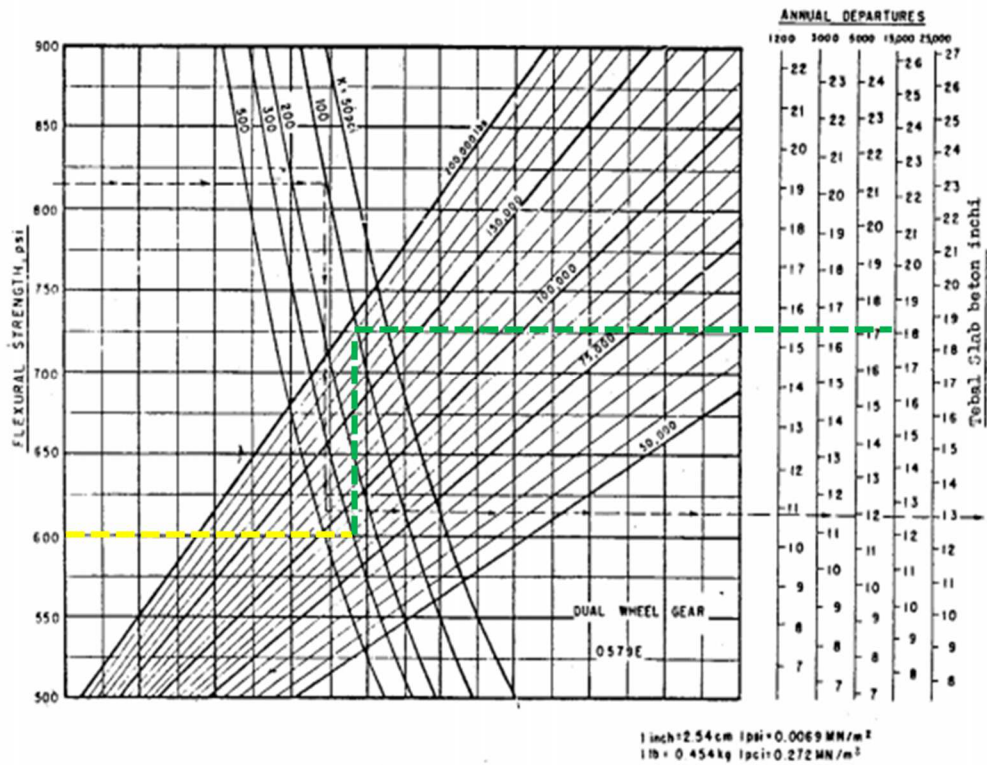


Gambar 5.7 K On Top of Subbase

2) Mencari Tebal Slab Beton

Dengan Gambar 5.8 diplotkan *Concrete Flexural Strength* sebesar 600 psi dan ditarik garis horizontal ke kanan bertemu dengan nilai $K=300$. Dari titik pertemuan tersebut ditarik garis vertikal ke atas hingga bersentuhan dengan garis *gross weight* (187700 lb). Titik pertemuannya di Tarik garis Horizontal ke kanan untuk mengetahui tebal slab beton berdasarkan *annual departures*. Nilai *annual departures* yang digunakan adalah 11011.17 pergerakan maka, maka

digunakan tebal slab beton dengan asumsi *annual departure* 15000 pergerakan, sehingga tebal slab beton adalah 18.2 inci = 46.2 cm.



Gambar 5.8 Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

Setelah mendapatkan tebal slab beton, dilakukan perhitungan

penulangan perkerasan sebagai berikut :

Direncanakan :

Panjang Slab Beton (L) = 6 meter = 19.68 ft

Jarak *construction joint* = 6 meter

Tebal slab beton (t) = 18.2 inchi = 46.23 cm

Tegangan Tarik ijin (fs) = 3200 kg/cm² = 45515 lb/in²

Tekanan ban = 204 psi.

5.4.3 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jangka Panjang 30 Tahun (2045)

Tabel 5.19 Perhitungan *Forecast Annual Departure* dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jenis Roda	% Terhadap Jumlah Total Tahunan	Forecast Annual Departure	Tebal Slab Beton (in)
1	N 219	16,000	SW	15.70	3743	6.9
2	ATR 72-600	50,705	DW	16.80	4005	8.2
3	A 320-200	172,200	DW	8.20	1955	15.3
4	B 737-8	181,200	DW	27.40	6532	17.5
5	B 737-9	194,700	DW	31.90	7605	18.4

Catatan :

- MTOW: *Maksimum TakeOff Weight*
- SW : *Single Wheel*
- DW : *Dual Wheel*
- Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan grafik FAA (lampiran).
- Forecast Departure* berdasarkan ramalan pada tahun perencanaan yaitu untuk 30 tahun.

Dari tabel 5.17 dipilih pesawat jenis Boeing 737-9 karena membutuhkan tebal lapisan paling besar. Dengan cara yang sama seperti pada perhitungan tebal perkerasan jangka panjang 30 tahun, maka didapatkan nilai W2, R2, dan EAD seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.20 Perhitungan W_2 Pesawat yang dilayani

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	W ₂
1	N 219	16,000	2	7,600.00
2	ATR 72-600	50,705	4	12,042.44
3	A 320-200	172,200	4	40,897.50
4	B 737-8	181,200	4	43,035.00
5	B 737-9	194,700	4	46,241.25
			Σ	149,816.19

Tabel 5.21 Perhitungan R_2 hasil konversi roda pendaratan pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Konfigurasi Roda	Forecast Departure	Faktor Pengali	R_2
1	N 219	16,000	SW	3743	0.8	2994.40
2	ATR 72-600	50,705	DW	4005	1.0	4005.00
3	A 320-200	172,200	DW	1955	1.0	1955.00
4	B 737-8	181,200	DW	6532	1.0	6532.00
5	B 737-9	194,700	DW	7605	1.0	7605.00

Tabel 5.22 Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat rencana

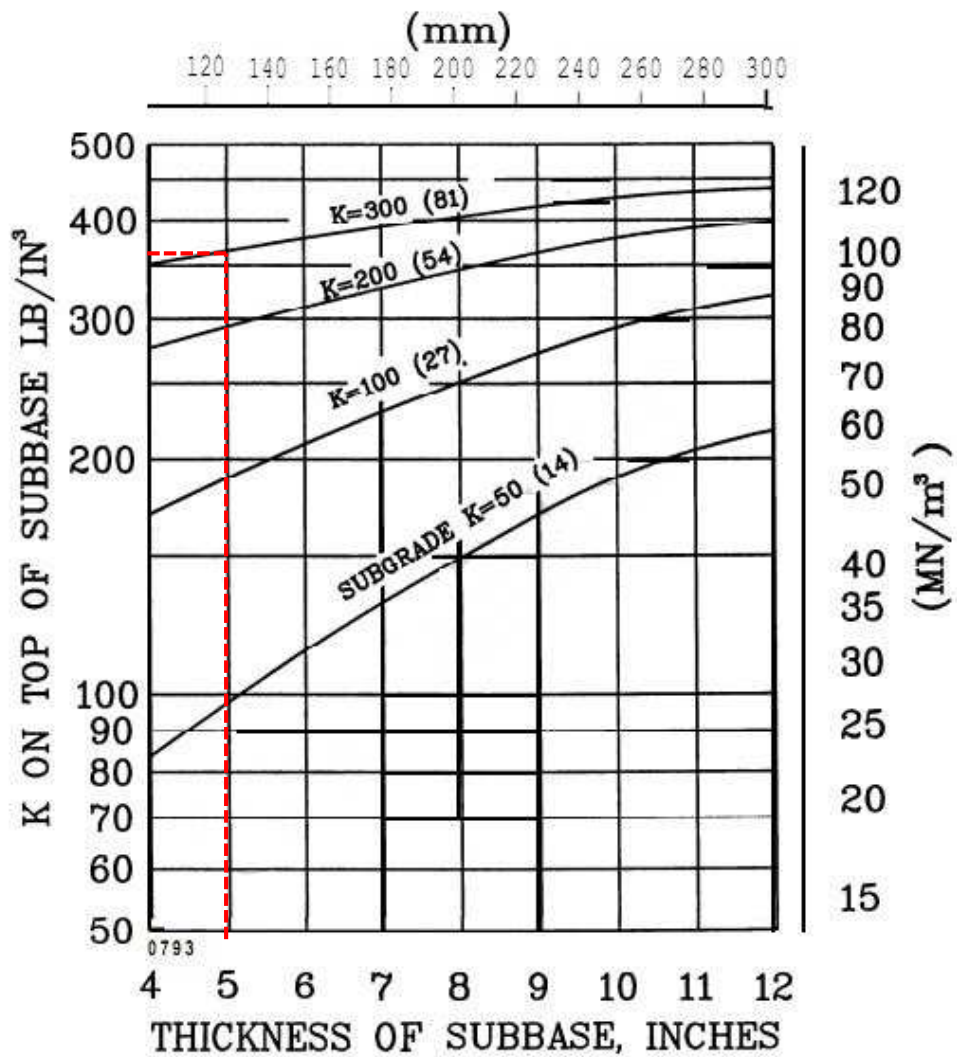
No	Jenis Pesawat	R_2	Log R_2	ESWL (W_2)	ESWL Pesawat Rencana (W_1)	Log R_1	R_1
1	N 219	2994.40	3.48	7,600.00	46,241.25	1.41	25.664
2	ATR 72-600	4005.00	3.60	12,042.44	46,241.25	1.84	68.941
3	A 320-200	1955.00	3.29	40,897.50	46,241.25	3.10	1244.927
4	B 737-8	6532.00	3.82	43,035.00	46,241.25	3.68	4790.795
5	B 737-9	7605.00	3.88	46,241.25	46,241.25	3.88	7605.000
						Total	13735.33

Karena $\Sigma R_1 = 13735.33 < 25,000$ maka tidak perlu dilakukan koreksi terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.11.

Dengan tahapan yang sama dengan perhitungan perkerasan kaku sebelumnya maka langsung dihitung:

1) Mendapatkan nilai K On Top of Subbase (lb/in)³

Memplotkan besar tebal lapisan *subbase* rencana (5 inchi) pada Gambar 5.9 , ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu dengan nilai K=300. Titik pertemuannya ditarik garis horizontal ke kiri sehingga mendapatkan nilai K on Top Of Subbase sebesar 365 lb/in³.

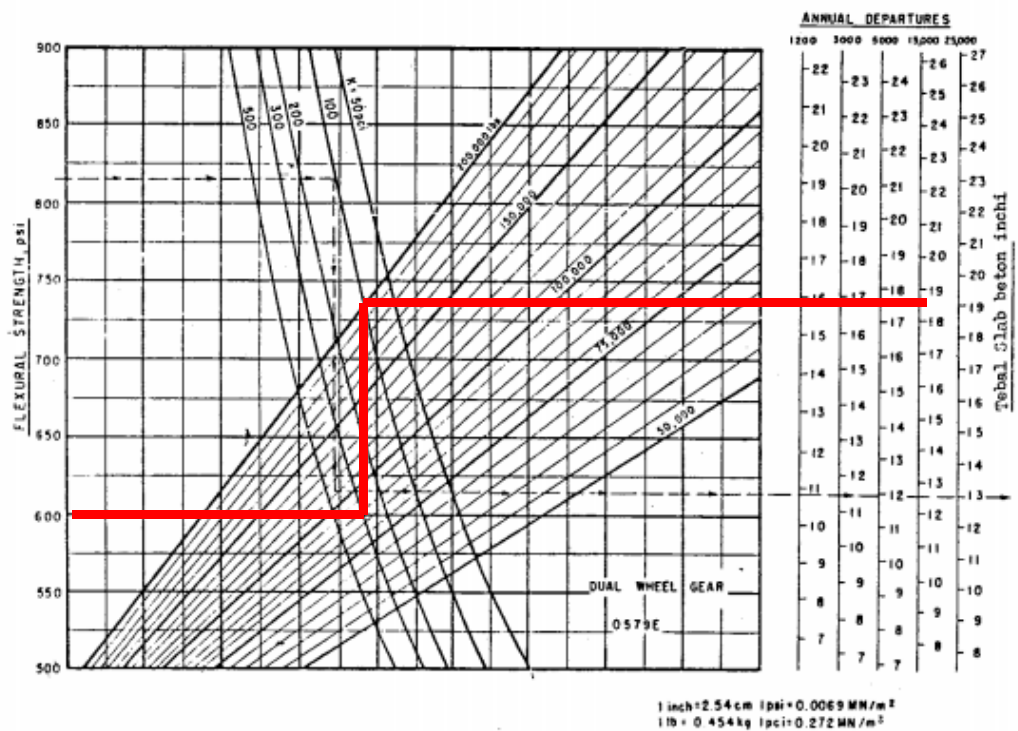


Gambar 5.9 K On Top of Subbase

2) Mencari Tebal Slab Beton

Dengan Gambar 5.10 diplotkan *Concrete Flexural Strength* sebesar 600 psi dan ditarik garis horizontal ke kanan bertemu dengan nilai

$K=300$. Dari titik pertemuan tersebut ditarik garis vertikal ke atas hingga bersentuhan dengan garis *gross weight* (194700 lb). Titik pertemuannya di Tarik garis Horizontal ke kanan untuk mengetahui tebal slab beton berdasarkan *annual departures*. Nilai *annual departures* yang digunakan adalah 13735.33 pergerakan maka, maka digunakan tebal slab beton dengan asumsi *annual departure* 15000 pergerakan, sehingga tebal slab beton adalah 18.4 inci = 46.736 cm.



Gambar 5.10 Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-9

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

Setelah mendapatkan tebal slab beton, dilakukan perhitungan penulangan perkerasan sebagai berikut :

Direncanakan :

Panjang Slab Beton (L) = 6 meter = 19.68 ft

Jarak *construction joint* = 6 meter

Tebal slab beton (t) = 18.4 inchi = 46.736 cm

Tegangan Tarik ijin (fs) = 3200 kg/cm² = 45515 lb/in²

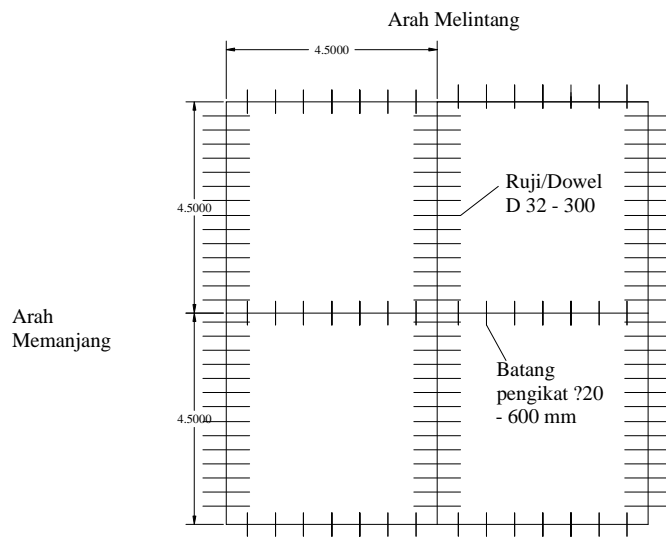
Tekanan ban = 204 psi.

5.5 Perhitungan Tulangan

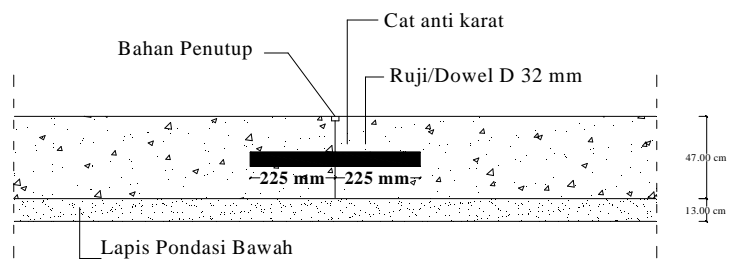
Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan :

- a. Tebal Pelat : 47 cm
- b. Lebar Pelat : 16 x 4,5 m
- c. Panjang Pelat : 4,5 m
- d. Sambungan susut dipasang setiap jarak 4,5 m
- e. Ruji digunakan dengan diameter ϕ 32 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm
- f. Batang pengikat digunakan baja ulir D 20 mm, panjang 84 cm, dan jarak 60 cm

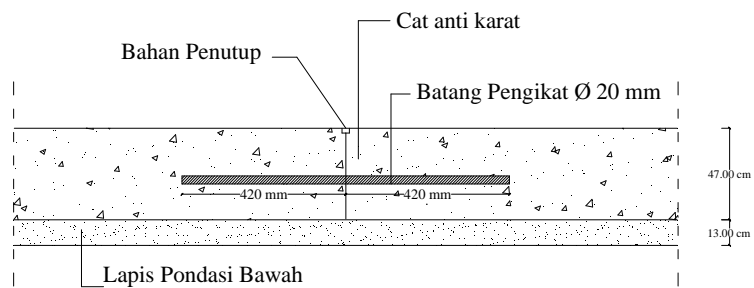
(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003 : halaman 14)



Gambar 5.11 Sambungan muai arah melintang dan memanjang



Gambar 5.12 Sambungan muai arah melintang dengan ruji/dowel

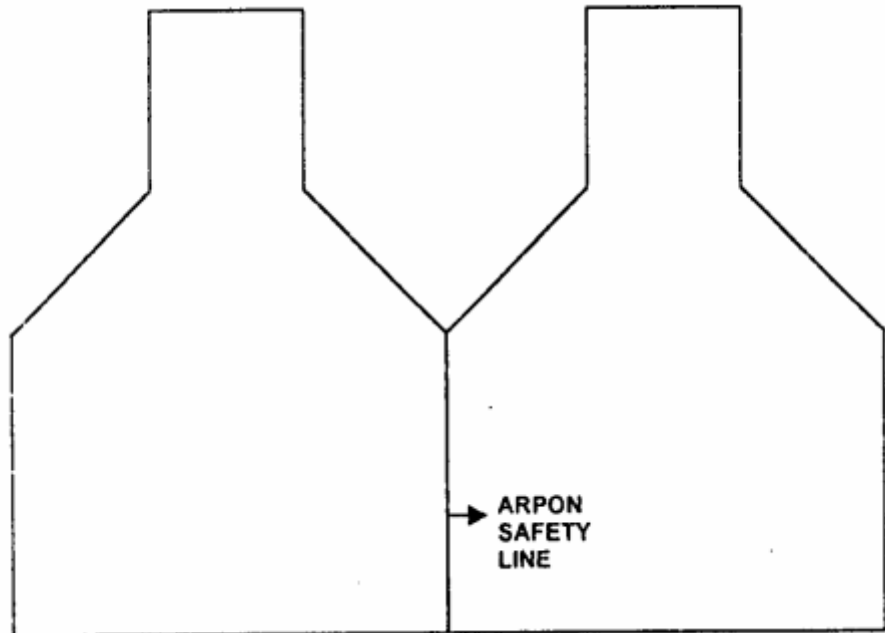


Gambar 5.13 Sambungan muai arah memanjang dengan batang pengikat

5.6 Perencanaan Permarkaan

a. *Apron Safety Line Marking*

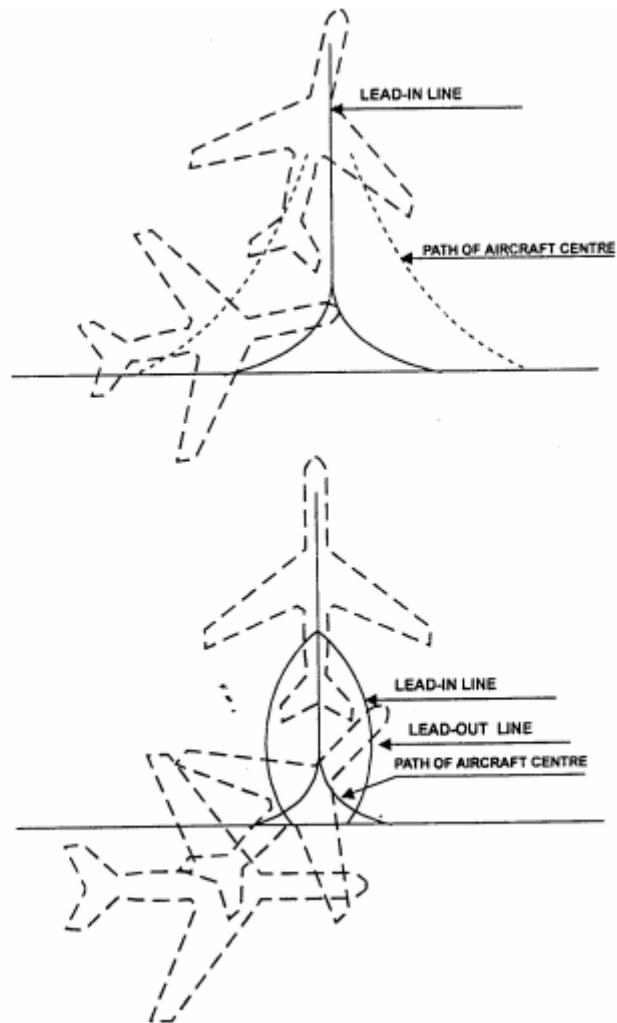
Apron Safety Line Marking adalah garis berwarna merah yang berada di apron dengan lebar 0.15 meter. Fungsinya menunjukkan batas yang aman bagi pesawat udara dari pergerakan peralatan pelayanan darat (GSE). Dimana letaknya adalah berada di sekeliling pesawat udara. Batas samping kanan dan samping kiri *Apron Safety Line Marking* ditulis atau digambar dengan memperhatikan *wing tip clearance*.



Gambar 5.14 *Apron Safety Line*

b. *Apron Lead-in dan lead-out Line Marking*

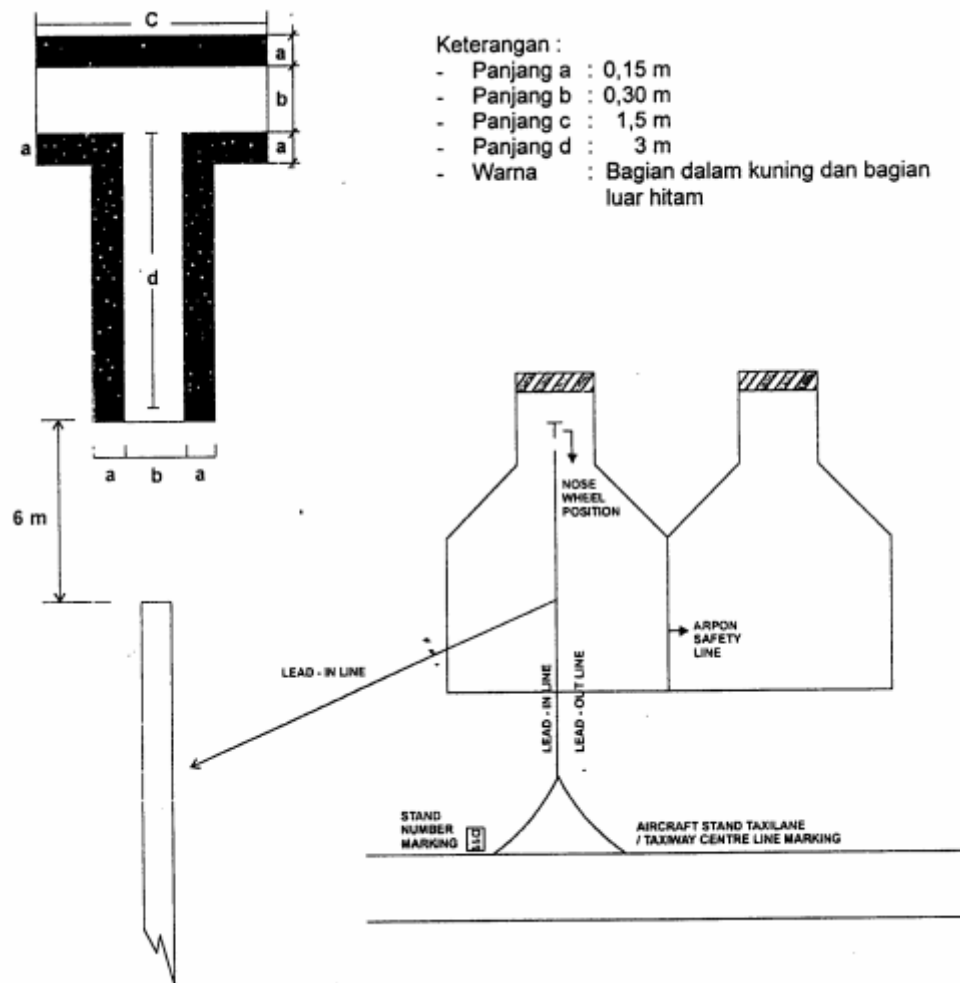
Apron Lead-in dan lead-out Line Marking adalah garis yang berwarna kuning di apron dengan lebar 0.15 m. berfungsi sebagai pedoman yang digunakan oleh pesawat melakukan *taxi* dari *taxiway* ke apron atau sebaliknya. *Apron Lead-in dan lead-out Line Marking* terletak di area apron.



Gambar 5.15 Apron Lead-in dan lead-out Line Marking.

c. Aircraft Stop Line Marking

Aircraft Stop Line Marking adalah tanda berupa garis atau bar warna kuning yang berfungsi sebagai tanda tempat berhenti pesawat. Terletak di area apron pada perpanjangan lead-in berjarak 6 m dari akhir *lead-in line* seperti pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 *Aircraft Stop Line Marking*

d. Apron Edge Line Marking

Apron Edge Line Marking adalah garis berwarna kuning disepanjang tepi apron yang berfungsi menunjukkan batas tepi apron ukuran garis *Apron Edge Line Marking* adalah sebesar 0.15 meter.

BAB VI

RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1. Harga Satuan Dasar Upah Bahan dan Peralatan

Dalam mengatur suatu proyek, diperlukan manajemen yang matang agar waktu pelaksanaan proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang efisien. Besarnya biaya pelaksanaan suatu proyek dihitung berdasarkan analisa harga suatu pekerjaan. Untuk perhitungan tersebut diperlukan harga satuan dasar tenaga, bahan dan peralatan yang sesuai dengan kondisi di lokasi proyek. Harga satuan tenaga dan bahan untuk pekerjaan peningkatan landasan parkir (apron) Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Daftar Harga Bahan dan Upah serta daftar Satuan Dasar

Peralatan Kota Palu Tahun 2015

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga (Rp.)
	Tenaga			
1	Pekerja	L01	Jam	Rp 8,600.00
2	Tukang kayu, Tukang Batu, dst	L02	Jam	Rp 11,500.00
3	Mandor	L03	Jam	Rp 12,200.00
4	Operator	L04	Jam	Rp 14,300.00
5	Pembantu Operator	L05	Jam	Rp 9,300.00
6	Supir	L06	Jam	Rp 12,500.00
7	Pembantu Supir	L07	Jam	Rp 8,500.00
8	Mekanik	L08	Jam	Rp 12,900.00
9	Pembantu Mekanik	L09	Jam	Rp 10,800.00
10	Kepala Tukang	L10	Jam	Rp 12,200.00
11	Pemasak Aspal	L11	Jam	Rp 13,500.00

	Bahan			
12	Pasir Beton		M ³	Rp 337,500.00
13	Agregat Kasar		M ³	Rp 161,000.00
14	Agregat Halus		M ³	Rp 337,500.00
15	Bahan Tanah Timbunan		M ³	Rp 337,500.00
16	Semen		Kg	Rp 3,132.00
17	Kawat Beton		Kg	Rp 28,000.00
18	Paku		Kg	Rp 24,000.00
19	Kayu Perancah		M ³	Rp 2,700,000.00
20	Baja Tulangan (Polos) U25		Kg	Rp 12,650.00
21	Baja Tulangan (Polos) U32		Kg	Rp 12,650.00
22	Baja Tulangan (Polos) U36		Kg	Rp 12,650.00
23	Baja Tulangan (Ulir) D16		Kg	Rp 16,100.00
24	Baja Tulangan (Ulir) D19		Kg	Rp 16,100.00
25	Baja Tulangan (Ulir) D32		Kg	Rp 16,100.00
26	Baja Tulangan (Ulir) D36		Kg	Rp 16,100.00
27	Beton Ready Mix K-125		M ³	Rp 909,000.00
28	Beton Ready Mix K-175		M ³	Rp 926,000.00
29	Beton Ready Mix K-250		M ³	Rp 995,000.00
30	Beton Ready Mix K-300		M ³	Rp 1,091,000.00
31	Beton Ready Mix K-350		M ³	Rp 1,171,000.00
32	Beton Ready Mix K-400		M ³	Rp 1,250,000.00
33	Beton Ready Mix K-500		M ³	Rp 1,472,000.00
34	Bahan Additive		Liter	Rp 155,000.00
No	Uraian	Kode	Satuan	Harga (Rp.)
	Peralatan			
35	Compressor 210 m ³ /jam		Jam	Rp 218,000.00
36	Concrete Mixer 0.3-0.6 m ³		Jam	Rp 105,000.00
37	Concrete Vibrator		Jam	Rp 60,000.00
38	Truk Mixer (Agigator)		Jam	Rp 800,000.00
39	Dump Truck 5 ton		Jam	Rp 370,000.00
40	Motor Grader		Jam	Rp 500,000.00
41	Wheel Loader		Jam	Rp 400,000.00
42	Vibrator Roller		Jam	Rp 100,000.00
43	Water Tank Truk		Jam	Rp 287,000.00
44	Concrete Pump		Jam	Rp 440,000.00
45	Water Jet		Jam	Rp 20,000.00
46	Con. Pan. Mixer		Jam	Rp 495,000.00

6.2. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

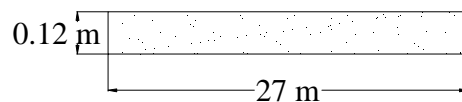
Perhitungan rencana anggaran biaya akan dihitung berdasarkan tebal perkerasan plat beton yang telah dihitung pada bab sebelumnya. Dimana lebar apron 77,5 m dan total panjang apron 27 m. Karena yang direncanakan adalah perkerasan beton bersambung tanpa tulangan dengan ruji/dowel, maka ada perhitungan untuk tulangan sambungannya. Tulangan yang digunakan adalah ruji polos diameter 32 mm dan baja ulir ϕ 20 mm.

Semua rangkaian pekerjaan akan dianalisa berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) tahun 2015 serta Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) Palu tahun 2015. Data-data yang diperoleh adalah daftar harga upah, daftar harga bahan, dan harga peralatan (terlampir). Data-data ini digunakan untuk menghitung volume pekerjaan dan analisa *unit price*, sehingga di dapatkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perkerasan kaku pada apron Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu.

6.3. Perhitungan Volume Pekerjaan

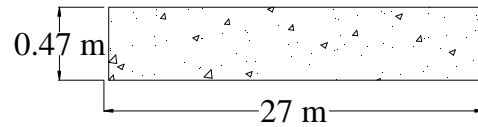
Perhitungan akan diuraikan sebagai berikut:

1) Lapis Pondasi Bawah



$$\begin{aligned} &= \text{panjang lapis pondasi yang memiliki ketebalan yang sama} \times \text{lebar} \\ &\quad \text{jalan} \times \text{tebal lapis pondasi} \\ &= 27 \times 77.5 \times 0.12 \\ &= 251.1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Beton Struktur



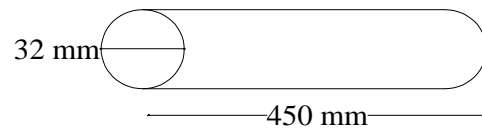
= panjang perkerasan beton yang memiliki ketebalan yang sama x lebar

jalan x tebal perkerasan

$$= 27 \times 0.47 \times 0.47$$

$$= 983.48 \text{ m}^3$$

3) Baja Tulangan



= luas penampang tulangan x panjang tulangan x berat jenis tulangan

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \times 0.45 \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.032^2 \times 0.45 \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2.84 \text{ kg}$$

Dalam satu sambungan terdiri dari tulangan. Maka volume dalam satu sambungan adalah:

$$= 2.84 \times 28$$

$$= 79.52 \text{ kg}$$

Untuk total jumlah tulangan 287 m adalah sebagai berikut:

$$= [(\text{total panjang jalan} : \text{jarak antar sambungan}) - 1] \times 79.52$$

$$= [(27 : 4.5) - 1] \times 79.52$$

$$= 397.6 \text{ kg}$$

Tabel 6.2 Perhitungan Volume Perkerasan Kaku pada Apron Bandar

Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu

Uraian Pekerjaan	Perhitungan	Volume
Penyiapan Badan Jalan	27×77.5	2092.5 m^2
Lapisan Pondasi Bawah	$27 \times 77.5 \times 0.12$	251.10 m^2
Lapisan Permukaan	$27 \times 77.5 \times 0.47$	983.48 m^3
Baja Tulangan		
Ø 32	$(27 : 5 - 1) \times 79.52$	349.888 kg
D 20	$27 : 5 \times 47.94$	258.876 kg
		608.764 kg

6.5 Estimasi Rekapitulasi Biaya

Program : Pembangunan Landasan Parkir (Apron) Pesawat
 Kegiatan : Peningkatan Kapasitas Landasan Parkir (Apron)
 Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu
 Lokasi Kegiatan : Kota Palu, Sulawesi Tengah

No	Uraian	Sat	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
a	b	c	d	e	f
1	Pekerjaan Persiapan Penyiapan Badan Jalan	m ²	2092.5	Rp 12,294.24	Rp 25,725,706.98
2	Pekerjaan Jalan Lapisan Pondasi Bawah	m ³	251.10	Rp 2,530,532.87	Rp 635,416,803.75
	Lapisan Permukaan	m ³	983.48	Rp 2,792,540.99	Rp 2,746,394,246.25
	Baja Tulangan	kg	608.764	Rp 78,546.78	Rp 47,816,454.01
Jumlah					Rp 3,455,353,210.99
PPN 10%					Rp 345,535,321.10
TOTAL					Rp 3,800,888,532.09

Dari perhitungan rencana anggaran biaya untuk pekerjaan apron perkerasan kaku pada Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu sebesar Rp 3,800,888,532.09

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan perencanaan maka di dapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pada 10 tahun yang akan datang (Tahun 2025) diperkirakan jumlah penumpang sebesar 1,892,558 penumpang/tahun, 20 tahun yang akan datang (Tahun 2035) jumlah penumpang diperkirakan sebesar 2,713,848 penumpang/tahun, sedangkan pada 30 tahun yang akan datang (Tahun 2045) jumlah penumpang diperkirakan sebesar 3,535,138 penumpang/tahun.
2. Untuk memenuhi kebutuhan apron sesuai umur rencana hingga tahun 2045 di butuhkan perluasan hingga sebesar 22230 m².
3. Pada perhitungan perencanaan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada apron untuk umur rencana hingga tahun 2045 menggunakan metode FAA didapatkan tebal *subbase coarse* = 13 cm dan *surface coarse*/slab beton = 47 cm.
4. Untuk mengembangkan kapasitas apron sesuai dengan perencanaan, maka dibutuhkan biaya sebesar Rp 3,800,888,532.09.

7.2 Saran

1. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia melalui Unit Pelaksana Bandar Udara Kelas I Mutiara Sis Al-Jufri Palu sebagai pengelola Bandara perlu meninjau kembali luas eksisting apron yang sekarang

karena diprediksi tidak akan mampu menampung pergerakan pesawat untuk 30 tahun yang akan datang.

2. Pihak Unit Pelaksana Bandar Udara maupun instansi pemerintah perlu lebih terbuka untuk memberikan data-data yang dibutuhkan guna kepentingan akademis.
3. Bagi mahasiswa maupun civitas akademi yang berminat mengangkat topik tentang bandar udara baik sisi udara sisi darat diharapkan agar lebih dulu memahami kondisi eksisting bandar udara tersebut agar lebih memudahkan pengerjaan analisa dan perhitungan.
4. Dalam menganalisa dan melakukan perhitungan, diperlukan referensi dan peraturan yang mendasari standar suatu bandar udara. Sehingga jika membahas tentang bandar udara harus memiliki peraturan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Airbus Industry, 2014, *A320 Airplane Characteristics For Airport Planning*
www.airbus.com, France.
- Arisandi, Rifdia, 2012, *Perencanaan Pengembangan Apron Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Basuki, Heru, 1986, *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*, Bandung: PT Alumni. Cetakan II.
- Boeing Company, 2013, *737 Airplane Characteristics For Airport Planning*.
www.boeing.com, USA.
- Darmawan, Rudi Fajar, 2015, *Studi Evaluasi Landasan Pacu (Runway) Bandar Udara Noto Hadinegoro Kabupaten Jember*, Institut Teknologi Sepuluh Nasional, Malang.
- De Barros, Alexandre & Wirasinghe, Sumedha Chandana, 1997, *New Aircraft Characteristics Related To Airport Planning*, Air Transport Research Group of The WTCR Society, Vancouver.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Subdit Penyusunan Standar Direktorat Bina Teknik, 1995. *Panduan Analisa Harga Satuan Sebagai dasar Perhitungan Engineer's Estimate (EE) & Owner's Estimate (OE) Untuk Pekerjaan Penanganan Jalan*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2004, *Standar Manual bagian 139 Aerodrome*, Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Direktorat Jendral Perhubungan Udara. 2005, *SKEP 77-VI-2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*, Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2001, *SKEP 11-I-2001 Tentang Standar Marka dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat Udara di Bandar Udara*, Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Federal Aviation Administration, 2012, *Advisory Circular (AC) No. 150/5300-13A: Airport Design*, U.S Departement of Transportation, USA.

Federal Aviation Admnistration, 2012, *Advisory Circular (AC) No. 150/5320-6E: Airport Pavement Design & Evaluation*, U.S Departement of Transportation, USA.

Federal Aviation Admnistration. 1988. *Advisory Circular (AC) No. 150/5360-13: Planning and Design Guidelines For Airport Terminal Facilities*, U.S Departement of Transportation, USA.

Horonjeff, R., & F.X. McKelvey, 1988, *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara (Terjemahan) Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum.

Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2016. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 160 Tahun 2015 Tentang Peremajaan Armada Peswat Udara Angkutan Udara Niaga*, Jakarta : Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Prastyo, Aditya Imam, 2012, *Perencanaan Tebal Perkerasan Runway dan Taxiway Bandara Kualanamu Deli Serdang Sumatera Utara*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Rahayu, Yoanita Eka, 2013, *Perencanaan Sisi Udara Pengembangan Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Rizkiardi, Aditya, 2003, *Perancangan Pengembangan Apron, Taxiway, Runway Bandar Udara Juanda Surabaya guna memenuhi kebutuhan pelayanan hingga tahun 2022*, Institut Teknologi Nasional, Malang.

Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas I. 2015, *Data Produksi Angkutan Udara tahun 2006-2015*, Palu: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas I. 2015, *Informasi Bandar Udara Palu*, Palu: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.